

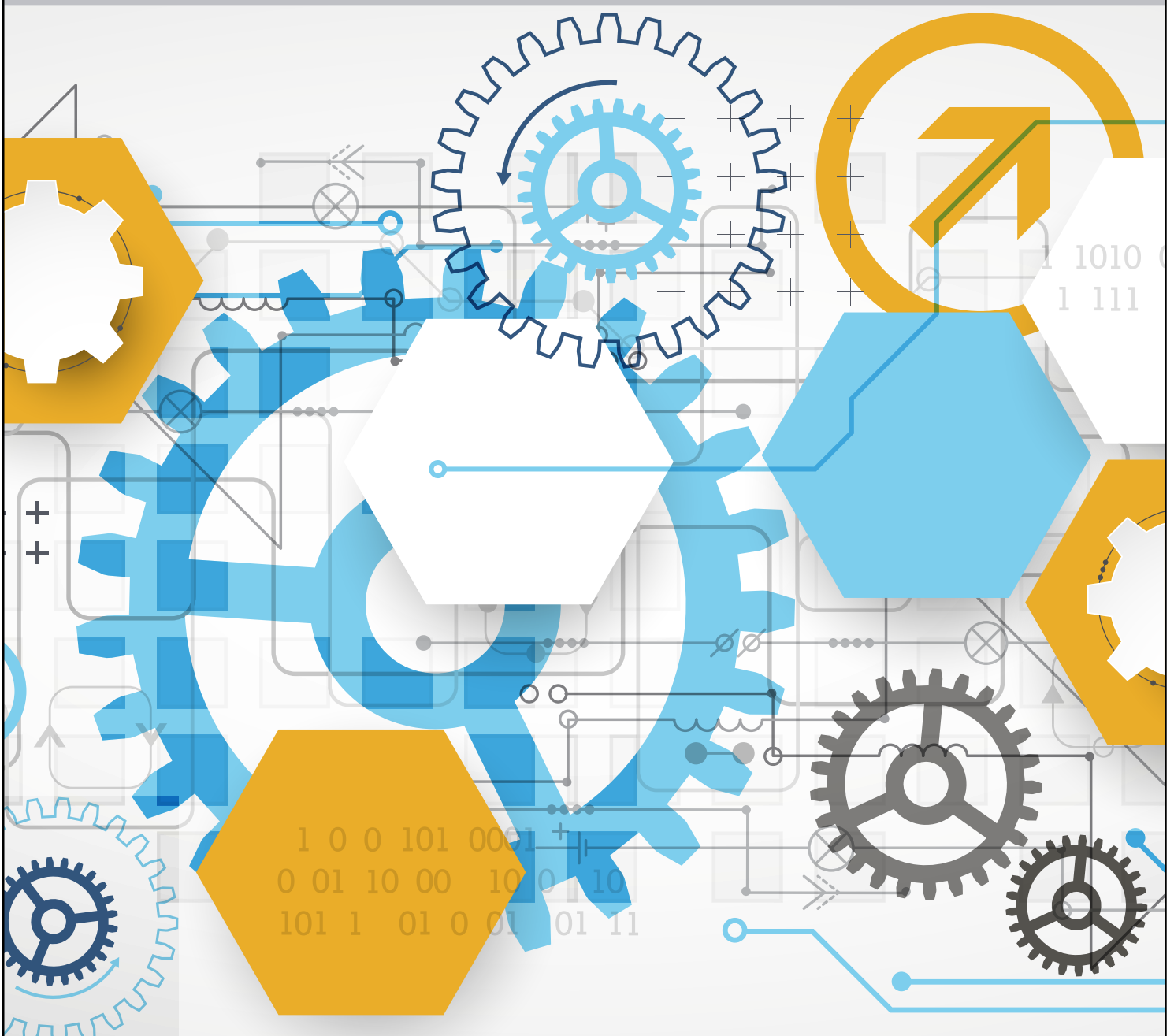
ISSN: 2683-1597



Project Design and Management

Enero - Junio, 2025

VOL. 7 NÚM. 1



<https://www.mlsjournals.com/Project-Design-Management>

EQUIPO EDITORIAL / EDITORIAL TEAM / EQUIPA EDITORIAL

Editor Jefe / Editor in chief / Editor Chefe

Luis Alonso Dzul López. Universidad Internacional Iberoamericana, México
Roberto Alvarez. Universidad de Buenos Aires, Argentina

Editores Asociados / Associate Editors / Editores associados

Alina Eugenia Pascual Barrera. Universidad Internacional Iberoamericana, México
Ernesto Bautista Thompson. Universidad Internacional Iberoamericana, México
Lazaro Cremades Oliver. Universidad Politécnica de Cataluña
José del Carmen Zavala Loría. Universidad Internacional Iberoamericana, México
Santos Gracia Villar. Universidad Europea del Atlántico

Secretaria / Secretary / Secretário

Beatriz Berrios Aguayo. Universidad de Jaén, España

Consejo Científico Internacional / International scientific committee / Conselho científico internacional

Miguel Angel López Flores Instituto Politécnico Nacional, México
Brenda Brabo Diaz. Instituto Politécnico Nacional, México
Lázaro Cremades. Universidad Politécnica de Cataluña, España
Fermín Ferriol Sánchez. Universidad Internacional Iberoamericana, México
Miguel Ysrrael Ramírez Sánchez, Universidad Internacional Iberoamericana, México
Armando Anaya Hernández. Universidad Internacional Iberoamericana, México
Ramón Pali Casanova. Universidad Internacional Iberoamericana, México
Jorge Crespo. Universidad Europea del Atlántico, España
María Luisa Sámano, Centro de Investigación y Tecnología Industrial de Cantabria, España
Carmen Varela. Centro de Investigación y Tecnología Industrial de Cantabria, España
Alejandro Ruiz Marín, Universidad Autónoma del Carmen, México
Asteria Narváez García. Universidad Autónoma del Carmen, México
Ricardo Armando Barrera Cámara. Universidad Autónoma del Carmen, México
Claudia Gutiérrez Antonio. Universidad Autónoma de Querétaro, México
Felipe André Angst. Universidad Católica de Mozambique, Mozambique
Luis Borges Gouveia. Universidade Fernando Pessoa, Portugal
Rodrigo Florencio da Silva. Instituto Politécnico Nacional, México.
Charles Ysaacc da Silva Rodrigues. Universidad de Guanajuato, México.

Patrocinadores:

Funiber - Fundación Universitaria Iberoamericana
Universidad internacional Iberoamericana. Campeche (México)
Universidad Europea del Atlántico. Santander (España)
Universidad Internacional Iberoamericana. Puerto Rico (EE. UU)
Universidade Internacional do Cuanza. Cuito (Angola)

Colaboran:

Centro de Investigación en Tecnología Industrial de Cantabria (CITICAN)
Grupo de Investigación IDEO (HUM 660) - Universidad de Jaén

Centro de Innovación y Transferencia Tecnológica de Campeche (CITTECAM) – México

DERECHOS DE AUTOR Y DERECHOS CONEXOS

Project, Design and Management, Año 1, No. 1, Enero-Junio 2019, es una Publicación semestral editada por la Universidad Internacional Iberoamericana A.C., Calle 15 No. 36 entre 10 y 12, Col. Imi II, C.P. 24560, Campeche, Campeche, Tel. (981) 81-102-46, <https://www.mlsjournals.com/Project-Design-Management>, journalmanager.pdm@mlsjournals.com, Editor responsable: Dr. Luis Alonso Dzul López, Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2018-073112062200-102, ISSN: 2683-1597, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Gestora de la Revista, Beatriz Berrios Aguayo, Calle 15 No. 36 entre 10 y 12, Col. Imi II, C.P. 24560, Campeche, Campeche, fecha de última modificación, 14 de marzo de 2019.

SUMARIO ● SUMMARY ● RESUMO

- Editorial 5

- Impacto de los desastres naturales en la infraestructura hospitalaria en Guatemala y su mitigación mediante el uso de BIM7
Impact of natural disasters on hospital infrastructure in Guatemala and its mitigation through the use of BIM
Débora Libertad Ramírez Vargas, Enrique Sarvelio Ortiz Chial. Universidad Internacional Iberoamericana, México.

- Plan integral sustentable de movilidad urbana al sistema actual de transporte masivo para el área metropolitana de Panamá con los Metrotaxis 29
Comprehensive sustainable urban mobility plan for the current mass transportation system for the metropolitan area of Panama with Metrotaxis
Philippe Ricardo Dudley Preite, Ernesto Francisco Bautista Thompson. . Universidad Internacional Iberoamericana, Panamá / México.

- Tendencia mundial de las metodologías de gestión de proyectos 53
Global trend of project management methodologies
Rosalba Nunziatina Letizia Milano, Angel Gabriel Kuc Castilla. Universidad Internacional Iberoamericana, Venezuela / México.

- Segmentación de clientes y detección de operaciones inusuales clasificados en grados de riesgo para la prevención de lavado de dinero con datos de una institución financiera en México a 2023 71
Client segmentation and detection of unusual operations classified into risk degrees for the prevention of money laundering with data from a financial institution in Mexico by 2023
José Antonio Ortiz Richards. Banco Nacional de Comercio Exterior, México.

- Determinación de modelo para la disminución del costo de inventario en empresas manufactureras de autopartes 90
Model determination for the reduction of inventory costs in auto parts manufacturing companies
Carolina Solís Peña, Juan Manuel Hernández Ramos, Jhonathan Celestino Cuéllar. Universidad Autónoma de Nuevo León, México.

- Enfoques utilizados en las empresas tradicionales y digitales para el fortalecimiento empresarial: Revisión sistemática de literatura 102
Approaches in traditional and digital companies for business development: Systematic literature review
Ronald Steven Flórez Ortega, Brenda Bravo Diaz, Leidy Lorena Diaz-Ordoñez. Universidad Autónoma de Occidente, Colombia / Instituto Politécnico Nacional, México / Universidad ICESI, Colombia

- Uso de paneles solares en Playa del Carmen México 123
Use of solar panels in Playa del Carmen Mexico
Uzziel Japhet Vega Cadena, Janette Carolina Ruiz Moedano, David Reyes Coronado. Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo, México.

- Técnicas de reforzamiento estructural en edificaciones patrimoniales para mamposterías de adobe para una correcta intervención..... 143
Structural reinforcement techniques in heritage buildings for adobe masonry for a correct intervention
Ángel Silva Cascante, Guadalupe del Rosario Uría Cevallos. Colegio de Arquitectos, Ecuador.

Editorial

El presente número de MLS Project Design & Management refuerza la participación académica y científica multidisciplinaria de nuestros colaboradores en el diseño, desarrollo e implementación de herramientas e instrumentos aplicables en la gestión estratégica, la optimización de recursos y la innovación sostenible en proyectos de ingeniería. La innovación en el desarrollo científico y tecnológico es un rasgo fundamental reflejado en los principales objetivos de la revista como parte de sus líneas de investigación y divulgación. Esta nueva edición presenta 8 artículos seleccionados por su rigor metodológico y aportes prácticos en diferentes áreas profesionales. Las investigaciones abordan desafíos contemporáneos desde la transición metodológica en construcción y la detección de riesgos financieros en México, hasta la viabilidad de energías renovables en entornos turísticos y técnicas de conservación patrimonial con materiales ancestrales. En el ámbito organizacional, se contrastan estrategias de empresas digitales y tradicionales, se modernizan modelos de liderazgo para entornos ágiles y se propone gestión adaptativa para proyectos en contextos de incertidumbre.

El primer artículo propone la implementación de Building Information Modeling (BIM) como solución estratégica para fortalecer la resiliencia hospitalaria en Guatemala. Mediante entrevistas, encuestas y análisis de casos, se demuestra cómo esta metodología mitiga riesgos en infraestructura crítica durante emergencias sanitarias y fenómenos naturales, ofreciendo un modelo aplicable ante la ausencia de planes nacionales obligatorios.

La investigación que se presenta en el segundo artículo, se diseña un plan integral de movilidad urbana para Panamá que aborda las deficiencias del transporte público selectivo. La propuesta integra metro, alimentadores (MetroBus) y un nuevo sistema de taxis indemnizados con tarjeta única y salarios fijos, mejorando seguridad, eficiencia y sostenibilidad para convertir a la ciudad en referente regional.

La investigación del tercer artículo analiza 1.805 documentos globales sobre gestión de proyectos, revelando mediante herramientas como Atlas.ti que metodologías ágiles e híbridas superan en flexibilidad y efectividad a enfoques tradicionales (Six Sigma, Waterfall), especialmente en entornos dinámicos que demandan adaptación rápida.

El cuarto artículo de esta edición, demuestra un método para combatir el lavado de dinero con precisión, utilizando un método basado en minería de datos y segmentación de clientes, que supera los sistemas tradicionales. Reduce falsas alertas y clasifica el riesgo con variables adaptadas al contexto mexicano y aplicando estándares internacionales.

Mediante un estudio cuantitativo en 37 grandes empresas, el quinto artículo identifica que la competencia del personal y auditorías efectivas son factores clave para reducir costos de inventario, validado mediante regresión lineal múltiple como solución prioritaria en cadenas de suministro.

El sexto artículo, analizando las estrategias y herramientas de lo digital contra lo tradicional; proporciona estrategias clave para sobrevivir en ambientes competitivos, los autores contrastaron estrategias de empresas digitales (ágiles, tecnológicas) y tradicionales (relacionales, prácticas) y mediante un análisis e investigación de mejoras proporcionan las 6 estrategias esenciales identificadas para potenciar la innovación y el crecimiento sostenible en cualquiera de los dos modelos que trabaje su empresa.

La investigación centrada en energía solar en Playa del Carmen incluye los indicadores de viabilidad, ahorro y oportunidad, pone a prueba la sostenibilidad de la energía solar en destinos turísticos. Este séptimo estudio demuestra un impacto positivo: usuarios reportan ahorros del 30-50% en electricidad y reducción de huella de carbono. Analizaron el potencial, los incentivos y la necesidad de campañas educativas para masificar su adopción.

Finalmente, el octavo artículo detalla un procedimiento de restauración patrimonial con materiales ancestrales (cal, barro, mucílago de nopal) para muros de adobe fisurados. La metodología experimental —validada en recuperación de resistencia mecánica— incluye descosido, inyección de mortero y llaves de madera reforzadas, asegurando conservación auténtica. Los hallazgos presentados proporcionan herramientas aplicables para la toma de

decisiones estratégicas en la ingeniería de proyectos, potenciando la sostenibilidad ambiental, la eficiencia operativa y la resiliencia en contextos complejos. MLS Project Design & Management agradece las contribuciones que reflejan la innovación científica y comprometida de sus autores.

Antes de finalizar esta editorial, es importante para todos los que colaboramos en este nuevo proyecto el agradecer al equipo de colaboradores, informático y técnico, así como a la Fundación Universitaria Iberoamericana (FUNIBER) y a las Universidades que han proporcionado todo el apoyo material para que este número pueda llevarse a cabo, con la convicción de que estamos en el camino correcto hacia el reconocimiento internacional.

Dr. Luis A. Dzul López
Dr. Roberto M. Álvarez
Editores en Jefe

IMPACTO DE LOS DESASTRES NATURALES EN LA INFRAESTRUCTURA HOSPITALARIA EN GUATEMALA Y SU MITIGACIÓN MEDIANTE EL USO DE BIM

IMPACT OF NATURAL DISASTERS ON HOSPITAL INFRASTRUCTURE IN GUATEMALA AND ITS MITIGATION THROUGH THE USE OF BIM

Debora Libertad Ramírez Vargas¹

Universidad Internacional Iberoamericana, México

(debora.ramirez@unini.edu.mx) (<https://orcid.org/0000-0001-8709-457X>)

Enrique Sarvelio Ortíz Chial

Universidad Internacional Iberoamericana, México

(enrique.ortiz@doctorado.unini.edu.mx) (<https://orcid.org/0009-0008-1928-7300>)

Información del manuscrito:

Recibido/Received: 14/06/2024

Revisado/Reviewed: 22/08/2024

Aceptado/Accepted: 11/11/2024

RESUMEN

Palabras clave:

infraestructura hospitalaria, metodología BIM, mitigación de desastres naturales, resiliencia.

Guatemala es un país ubicado en la posición 10 de los países con mayor riesgo de desastres naturales en el mundo. Asimismo, el COVID-19 puso de manifiesto la necesidad de fortalecer la resiliencia de los hospitales frente a emergencias de salud, porque simultáneamente estos continuaron brindando atención durante brotes de enfermedades infecciosas, crisis sociales, financieras y otros. Esto crea la necesidad de construcciones que tengan la capacidad de adaptarse ante tales fenómenos naturales para que las personas puedan hacer uso de sus instalaciones y que éstas se encuentren funcionando. En ese sentido, se propone la utilización de Building Information Modeling BIM como una metodología de trabajo para diseñar y construir edificaciones complejas y puede utilizarse para el diseño, construcción, mantenimiento y demolición de hospitales. Debido a que aún no hay planes ni programas de uso obligatorio de BIM en Guatemala, se optó por realizar una investigación exploratoria con sus métodos de exploración primaria; a través de entrevistas y una encuesta y secundaria; recopilando información de casos previos de uso BIM, respondiendo las preguntas sobre qué, porque y cómo se llevaría a cabo el desarrollo de infraestructura de hospitales, el impacto de los desastres naturales en dicha infraestructura y su mitigación mediante el uso de BIM. Según las discusiones y conclusiones de los resultados de las entrevistas, encuesta y datos obtenidos y presentados en la investigación secundaria es posible mitigar el impacto de los desastres naturales en la infraestructura hospitalaria a través del uso de la metodología BIM en Guatemala.

ABSTRACT

¹ Autor de correspondencia.

Keywords:

hospital infrastructure, BIM methodology, natural disaster mitigation, resilience.

Guatemala is a country located in position 10 of the countries with the highest risk of natural disasters in the world. Likewise, COVID-19 highlighted the need to strengthen the resilience of hospitals in the face of health emergencies, because they simultaneously continued to provide care during outbreaks of infectious diseases, social, financial and other crises. This creates the need for buildings that have the capacity to adapt to such natural phenomena so that people can use their facilities and that they are functioning. In this sense, the use of Building Information Modeling BIM is proposed as a work methodology to design and build complex buildings and can be used for the design, construction, maintenance and demolition of hospitals. Because there are still no plans or programs for the mandatory use of BIM in Guatemala, it was decided to carry out an exploratory investigation with its primary exploration methods; through interviews and a secondary survey; collecting information from previous uses of BIM use cases, answering questions about what, why and how the development of hospital infrastructure would be carried out, the impact of natural disasters on said infrastructure and its mitigation through the uses of BIM. According to the discussions and conclusions of the results obtained in the interview, surveys and data obtained on secondary researches, it is possible to mitigate the impact of natural disasters on hospital infrastructure through the use of the BIM methodology in Guatemala.

Introducción

Derivado de sus características fisiográficas y geotécnicas, Guatemala es un país propenso a desastres naturales como son los huracanes y tormentas tropicales, inundaciones, terremotos, erupciones volcánicas y deslizamientos que han causado impacto económico, social y de bienestar en la población guatemalteca (Barillas, 2022). En ese sentido, según la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED) (2021) “la República de Guatemala se ubica en la posición 10 de los países con mayor riesgo de desastres del mundo”.

De acuerdo con la Organización Panamericana de la salud/Organización Mundial de la Salud OPS/OMS (2023a) indica que:

La pandemia COVID-19 puso de manifiesto la necesidad de fortalecer la resiliencia de los hospitales frente a emergencias de salud y desastres, no solo porque estos han sido la columna vertebral en la respuesta, sino también porque simultáneamente continuaron brindando atención durante todo tipo de desastres, brotes de enfermedades infecciosas, crisis sociales, financieras y otros (párr. 1).

Al respecto, como parte de los programas de implementación de infraestructura de hospitales resilientes ante emergencias de salud y desastres naturales en Guatemala, la CONRED indica que la Secretaría Ejecutiva de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres conjuntamente con representantes de OMS y OPS, así como del Ministerio de Salud y Asistencia Social MSPAS se reunieron para conocer el Protocolo de Aplicación y Certificación de las Normas para la Reducción de Desastres (NRD) que establece lineamientos de seguridad en edificaciones, tanto en nuevos diseños como remodelaciones o reparaciones de la obra existente a efecto de prevenir toda clase de daños a la integridad de las personas que lo ocupan y a la infraestructura en sí y poder trabajar en un Manual o Protocolo de Hospitales Seguros en el país (2013, párr. 1 al 4).

Derivado de lo anterior, en Guatemala se ha tratado el tema de reducción del impacto de los desastres naturales a la infraestructura de hospitales a través de un manual de protocolos y normas, para coadyuvar a tal efecto. En consecuencia, esta investigación propone la utilización de la metodología Building Information Modeling (BIM) en el diseño para la construcción de Hospitales en Guatemala. Autores como Meléndez et al., (2019, pp. 153-157) afirma que:

BIM... es una metodología de trabajo que genera y gestiona los datos de un proyecto de edificación desde el mismo momento en que empieza el proceso de diseño, optimizando la gestión de la documentación y del proyecto... es un creador y administrador de datos para diseñar y construir grandes obras de edificación, considerando la geometría del proyecto y datos adicionales... de manera tridimensional y en tiempo real... puede ser utilizado para ilustrar el proceso completo de edificación, de mantenimiento e incluso de demolición.

Lo anteriormente expuesto es un indicativo que la metodología BIM puede ser una herramienta de valiosa ayuda en la construcción de hospitales, aunado a lo que afirma Bustos & Sosa (2021a, pp. 91 y 92):

Los hospitales que se están construyendo en el Estado de California... implican sistemas y procesos constructivos integrados con BIM [conformando] edificaciones resilientes capaces de mantenerse en operación incluso durante un sismo de 9 grados o más en la escala de Richter. [Realizando] simulaciones de desalojo de espacios... [permitiendo] identificar problemas como las dimensiones y distribuciones de circulaciones, corregir y entonces, llevar a la realidad. [Evitando] tragedias. Los beneficios de BIM no culminan con la entrega de la obra, se mantienen durante su gestión e incluso

en el caso de una posible remodelación o demolición... mediante el modelo digital y con el apoyo de software especializado se pueden realizar análisis energéticos, análisis de iluminación natural, análisis de ventilación, análisis de temperatura interior, análisis de asoleamiento y de radiación.

Llama la atención el trabajo previo que se puede realizar durante el diseño de una construcción con metodología BIM, pues es posible anticiparse al desarrollo constructivo realizando pruebas de funcionamiento de la infraestructura a construir y observar en el modelo BIM creado el comportamiento ante determinados eventos, logrando con ello salvar vidas garantizando la resiliencia de la edificación a desarrollar, hasta la demolición incluso la reutilización de materiales reciclables en la mencionada infraestructura, de allí la importancia en los beneficios del uso BIM para proyectos de diseño de infraestructura de hospitales como mitigación ante desastres naturales que constantemente afectan Guatemala.

En ese sentido, se realizó el diseño de un instrumento de investigación el cual consiste en una encuesta dicotómica cerrada, diseñada por el autor de esta investigación y una vez realizado fue revisado, corregido y validado en su contenido por dos arquitectos, el primero diseñador, asesor y supervisor relacionado con infraestructura hospitalaria y el segundo especialista en diseño hospitalario, ambos con conocimientos en la metodología BIM.

En síntesis, las preguntas realizadas a los participantes y contenidas en el mencionado instrumento de investigación son: 1. ¿Desarrolla proyectos de hospitales en Guatemala? 2. ¿Tiene conocimiento de algún proyecto de construcción de hospitales con metodología BIM en Guatemala? 3. ¿Conoce algún plan o programa de implementación de BIM en el desarrollo de infraestructura en el país? 4. ¿Considera posible mitigar el impacto de los desastres naturales en infraestructura de hospitales mediante su diseño y construcción con metodología BIM? 5. ¿Considera importante implementar la metodología BIM de manera obligatoria en la construcción de hospitales en Guatemala?

Método

Diseño

Debido a que aún no hay programas obligatorios para la implantación de la metodología BIM para el diseño de Hospitales en Guatemala, se realizó una investigación exploratoria con sus métodos de exploración primaria y secundaria respondiendo las preguntas sobre qué se necesita, por qué se necesita y cómo se llevaría a cabo el desarrollo de infraestructura de hospitales utilizando la metodología BIM localmente. ¿Se está implementando la metodología BIM en diseño y construcción de hospitales en Guatemala? ¿Existen instituciones que ofrezcan formación técnica y profesional con base en educación formal sobre metodología BIM en el país? ¿Es posible desarrollar proyectos de diseño y construcción, así como dar continuidad a infraestructura de hospitales ya construidos con metodología BIM en Guatemala?

Participantes

Se desarrolló una investigación primaria a través de entrevistas a un primer grupo de ocho expertos diseñadores de infraestructura hospitalaria en áreas de arquitectura, ingeniería civil y mecánica, eléctrica e hidrosanitaria (Mechanical, Electrical and Plumbing; MEP) para extraer información sobre el uso de BIM en el diseño y construcción de infraestructura de la salud y sus repercusiones positivas ante desastres naturales y recomendaciones en general que los expertos pudieran aportar.

Asimismo, en el segundo grupo se entrevistó a siete expertos en diseño de infraestructura en general con el fin de determinar el desarrollo y uso de modelos BIM en Guatemala, el trabajo en equipo o colaborativo con dicha metodología y sus resultados, así como la implementación BIM en el país y el uso de programas de simulación por especialidad asociados a esta metodología, entre otros.

Por otra parte, con un tercer grupo se realizó una encuesta dicotómica cerrada a modeladores, diseñadores y ejecutores de infraestructura en general y de centros de atención a la salud para responder las interrogantes sobre el uso de BIM, si consideran o no importante desarrollar proyectos de construcción en general utilizando la metodología mencionada y si han o están desarrollando proyectos de infraestructura hospitalaria con BIM.

Por último, como investigación secundaria se recopiló información de casos previos en Guatemala sobre el uso de BIM en el diseño y construcción de hospitales o de infraestructura en general en el país.

Instrumento de investigación

Se realizó el diseño de un instrumento de investigación el cual consiste en una encuesta dicotómica cerrada para lo cual se seleccionó, a través de un muestreo porcentual simple, 15 personas dentro de una población de 50 modeladores BIM, estudiantes, docentes, desarrolladores y/o diseñadores, directores de proyectos de diseño y construcción en general y de hospitales. Sin embargo, es importante mencionar que se realizó una prueba piloto de la encuesta, test o cuestionario, para, posteriormente realizar la prueba final.

Para definir y validar la población y la muestra, se tuvo acercamiento con representantes de empresas y entidades educativas, ambos relacionados con el diseño y la construcción, así como conocimientos BIM. A los involucrados en la encuesta se les entregó por escrito, un documento de consentimiento informado, indicando que los datos y opiniones obtenidas serán confidenciales, manteniéndose en estricta reserva, no apareciendo asociado a ninguna opinión en particular.

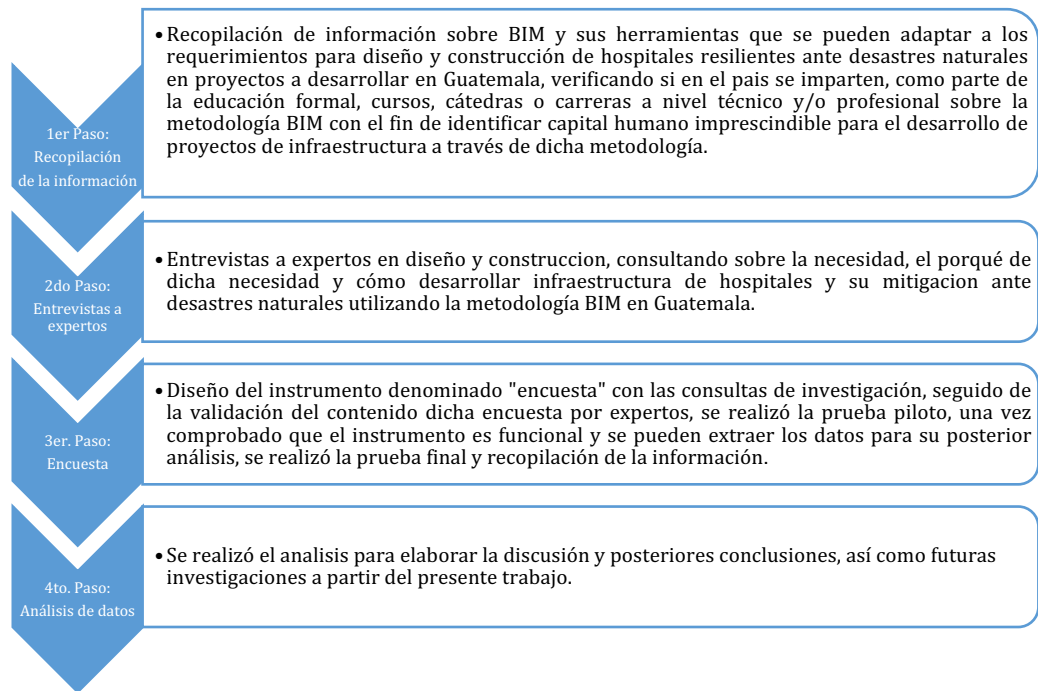
Validez y confiabilidad

El instrumento de investigación fue diseñado por el autor de esta investigación y una vez realizado fue revisado, corregido y validado en su contenido por dos arquitectos, el primero diseñador, asesor y supervisor relacionado con infraestructura hospitalaria y el segundo especialista en diseño hospitalario, ambos con conocimientos en la metodología BIM. Siendo dichos expertos quienes han emitido su opinión en cuanto a determinar la objetividad de dichas preguntas y quienes han dado validez sobre el entendimiento de la formulación de las interrogantes o consultas y su delimitación en cuanto a aspectos críticos para el procedimiento de análisis de datos y por ende resultados de los mismos.

Proceso de desarrollo de investigación

Se desarrollaron cuatro pasos para el desarrollo del proceso investigativo del presente trabajo, los mismos se detallan en la figura No.1 presentada a continuación.

Figura 1
Pasos para el desarrollo de la presente investigación



Se observa en la figura No. 1 el trabajo en entrevistas a profesionales en el área y el diseño del instrumento denominado "encuesta", en las entrevistas se ha profundizado en cuanto a la experiencia de trabajar proyectos con la metodología BIM y/o con programas orientados a hospitales resilientes frente a desastres naturales y los resultados que ellos han obtenido, dicha encuesta está orientada a respuestas dicotómicas cerradas sobre el conocimiento de la metodología y/o los mencionados programas desarrollados en Guatemala.

Procedimiento y análisis de datos

De acuerdo a los planteamientos realizados y con la información recopilada, es posible dar respuesta a dichas interrogantes, siendo estas:

1. ¿Por qué implementar proyectos de diseño para la construcción de hospitales resilientes ante desastres naturales en Guatemala mediante la metodología BIM?

Con esa finalidad, indica OMS/OPS (2023b):

La creciente necesidad de Hospitales Resilientes frente a emergencias de salud y desastres en la Región de las Américas se fundamenta además en la evidencia científica que demuestra la importancia de que estos sean capaces de resistir, ser sostenibles (SMART), ser inclusivos y ser flexibles y adaptables, para además aprender de las experiencias y recuperarse de manera oportuna y eficiente (párr. 2).

En efecto, los centros de atención a la salud del área regional se ven afectados por desastres naturales, necesiéndose construcciones que puedan resistir y ofrecer sus servicios a la población necesitada y según afirma Bolaños (2020a) Guatemala se ha visto afectada en noviembre del 2020 por la depresión tropical ETA reportando 21 personas fallecidas, 103 desaparecidas y 3,125 personas en estado de riesgo, y 27,129 evacuadas. Azota el huracán Mitch en 1998 catalogado por el Centro de Huracanes de Miami, EEUU como uno de los peores en el último cuarto de siglo, con cifras oficiales de 268 muertos e impacto económico de 1,061.4 millones de dólares de EEUU en pérdidas. En 2005 a causa

de la tormenta tropical Stan un deslave provocó que desapareciera la comunidad de Panabaj (párr. 1-12).

En consecuencia, el país ha sufrido grandes estragos por depresiones tropicales. Sobre desastres causados por erupciones volcánicas en Guatemala, menciona Bolaños (2020b) que en el 2010 el volcán de Pacaya hizo una fuerte erupción y al mismo tiempo la tormenta tropical Agatha tocó tierra en las costas del Atlántico del país, entre ambos eventos la población primaria afectada fue de 104,052 personas damnificadas, 159,882 evacuadas, 110 desaparecidas, 92 heridas y 193 fallecidas, así como 74,214 albergadas. En el 2018 hizo erupción el Volcán de Fuego dejando 201 personas muertas y 229 desaparecidas (párr. 19-22, 35-39).

Asimismo, además de desastres naturales causados por volcanes y tormentas, en el país ha habido daños por sismos, según Bolaños (2020c), la población de San Marcos registró dos terremotos, el primero en el 2012 y el otro en el 2014, provocando entre ambos, pérdidas de alrededor de 128.5 millones de dólares de EEUU, reportando para el segundo terremoto alrededor de 50 fallecidos y múltiples casas y edificaciones dañadas. En el 2017 se registró un terremoto causando daños en San Marcos, Huehuetenango, Quiché, Quetzaltenango, Totonicapán y Suchitepéquez, reportando 3,518 personas afectadas, 81 damnificadas, 4 heridas, así como 81 viviendas afectadas, 5 edificios, 3 carreteras y 1 puente dañados (párr. 26-29, 33-34). Nótese la serie de catástrofes de diferente índole sufridas por la población guatemalteca.

En ese sentido, las catástrofes de origen natural han impactado la infraestructura de hospitales en Guatemala y para mitigar tal impacto se propone el uso de BIM para el proceso constructivo hospitalario, tomando en cuenta al realizar los diseños, pruebas de funcionalidad de áreas alternativas para atender pacientes afectados masivamente tal como sucedió con el COVID 19, la reducción de costos de servicios tales como energía eléctrica, reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, mejor acceso al agua potable y demás beneficios que ofrece el diseño para la construcción de hospitales mediante BIM, es decir, se propone un diseño integral hasta la finalización del ciclo de vida y el reciclado de materiales utilizados en la construcción de infraestructura hospitalaria.

2. ¿Qué se necesita para implementar proyectos de diseño para la construcción de hospitales resilientes ante desastres naturales en Guatemala mediante la metodología BIM?

Sobre el asunto, menciona OMS/OPS (2010, pág. 1 y 2) que; en Guatemala se desarrolló el proyecto "Fortalecimiento de comunidades a través de instalaciones de salud más seguras en Centroamérica: Programa de Hospital Seguro con perspectiva local" ...para evaluar la seguridad de las instalaciones de salud mediante la capacitación a profesionales... relacionados con el tema de gestión de riesgo de desastres; así también, la aplicación del Índice de Seguridad Hospitalaria ISH en instalaciones de salud seleccionadas, la evaluación y análisis de resultados, y...la implementación de algunas acciones de mejoramiento en los establecimientos evaluados. [El] proyecto inició el 1° de octubre de 2008 y finalizó el 28 de febrero de 2010.

Para tal efecto, señala el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social MSPAS (2022) que se realizó un programa de evaluación utilizando el ISH de Hospitales Seguros del 2015 al 2022 en 45 hospitales de la red evidenciando estos 2 hospitales en categoría A (Tienen poca amenaza y seguridad adecuada), 33 hospitales en categoría B (Tiene amenazas y seguridad media) y 10 hospitales en categoría C (Tiene muchas amenazas y poca seguridad), contando con acreditación de evaluadores de la Unidad de Gestión de Riesgo, Coordinadora General de Hospitales IGSS, DECAP, Cruz Roja Guatemalteca y OPS,

creando planes de mejora a corto y mediano plazo, presentando los resultados a autoridades Ministeriales y autoridades de los Hospitales evaluados (págs. 4, 5, 16 y 17).

Además de describir, señalan los expertos entrevistados que a partir del historial de evaluaciones y recomendaciones a la infraestructura de hospitales actual, es necesario implementar la metodología de diseño a través de BIM para el diseño y construcción de centros de atención a la salud, pues con esto es posible aplicar pruebas y verificar resultados observando el comportamiento en el modelo 3D generado, desde el terreno para la construcción, pruebas de funcionamiento ante desastres naturales tales como sismos, deslizamientos, deslaves, simulaciones de utilización, hasta el comportamiento de la infraestructura con el paso de los años, siendo posible determinar el uso óptimo de dichas instalaciones y su mantenimiento hasta su demolición y reciclaje de sus elementos.

En ese sentido, señalan también los expertos que el COVID-19 obligó a improvisar el uso de determinadas áreas de hospitales para la atención de pacientes afectados, pudiendo prever desde el diseño el cambio en la utilización de dichas áreas, cosa que sería posible con la utilización de BIM en dicho proceso.

3. ¿Se está implementando la metodología BIM en diseño y construcción de hospitales en Guatemala?

Igualmente, mediante las entrevistas a los expertos se evidenció que ellos no tienen conocimiento sobre programas de desarrollo de infraestructura hospitalaria mediante la BIM en Guatemala, aunque mencionan que algunas empresas dedicadas al desarrollo de infraestructura han iniciado la transición al diseño y modelado a través de BIM por cuenta propia. Mencionan dos expertos que están colaborando con un diseño de un hospital a través de la metodología, pero que éste a pesar de que es guatemalteco no se está diseñando en el país.

4. ¿Existen instituciones que ofrezcan formación técnica y profesional con base en educación formal sobre metodología BIM en el país? Sobre el asunto, el Instituto Técnico de Capacitación y Productividad INTECAP indica en su página oficial <https://www.intecap.edu.gt/centros/> que es una institución de referencia nacional con 33 centros de estudio en cinco regiones nacionales y dentro de su oferta formativa anunciada en <https://intecap.edu.gt/ctms/tecnico-en-modelado-y-administracion-de-proyectos-bim/> imparte la carrera de Técnico en Modelado y Administración de Proyectos BIM.

De igual manera, únicamente en el pensum de ingeniería Civil Arquitectónica de la Universidad del Valle de Guatemala UVG del año 2024 se encuentra el Curso Gestión de Proyectos BIM y se puede consultar en su página oficial <https://www.uvg.edu.gt/carreras/civil-arquitectonica/>, algunas universidades nacionales ofrecen maestrías BIM, tal es el caso de la Universidad del Istmo de Guatemala UNIS, en su página oficial <https://unis.edu.gt/facultad-de-arquitectura-y-diseno/maestria-en-building-information-modeling-bim/> ofrece la Maestría en Building Information Modeling (BIM) y de igual manera la UVG ofrece en su página oficial <https://www.uvg.edu.gt/uvgmaster/posgrado-en-modelado-bim/> un postgrado en modelado BIM.

En efecto, según las entrevistas a expertos en los programas de formación técnica y profesional BIM se ha tenido poca afluencia de estudiantes y esto se puede deber a muchas causas principalmente a falta de políticas de implementación BIM a nivel nacional.

5 ¿Es posible desarrollar proyectos de diseño y construcción, así como dar continuidad a infraestructura de hospitales ya construidos con la metodología BIM en Guatemala?

Vinculado al concepto, indican los expertos entrevistados que sí es posible dar continuidad a hospitales diseñados y construidos con la metodología a través de lo indicado en las Dimensiones BIM y dando continuidad al modelo 3D de la infraestructura referente a que los cambios realizados en la infraestructura sean trasladados al modelo BIM mencionado. En cuanto a hospitales ya construidos, indican que no se puede diseñar un modelo BIM de una infraestructura existente pues se desconocerían las colisiones de diseño y su resolución, por lo tanto, no sería un modelo diseñado con la metodología como tal y el análisis no sería certero.

En ese sentido, mencionan que los programas de simulación de procesos de construcción por especialidad, sobre todo los de pago por uso, tienen ya vínculo con BIM, pero que debido a que esta metodología aún no está difundida en el país y no es de uso común pocas veces o nunca han utilizado los vínculos de software en mención. Es importante señalar lo indicado por los expertos, hay software de pago por uso y de uso gratuito en la metodología BIM.

6. ¿Cómo se llevaría a cabo el desarrollo de diseños para la construcción de infraestructura de hospitales utilizando la metodología BIM en Guatemala?

Dentro de ese marco, según mencionan los expertos, se debe dar a conocer los beneficios del uso e implementación de la metodología BIM a nivel nacional creando políticas de difusión, implementar normativos y reglamentos de uso y fomentar a que las instituciones encargadas de diseño, desarrollo y mantenimiento de este tipo de infraestructura posean los perfiles requeridos por la metodología a través de las autoridades guatemaltecas quienes tienen a su cargo la decisión de actuar e implementar los programas de esta clase.

Un ingeniero estructural menciona que para él lo más importante al utilizar BIM en diseños de hospitales, es poder simular el comportamiento de la estructura al modelo 3D con todas sus especialidades ante determinados fenómenos naturales tales como inundaciones y sismos ante lo cual es posible detectar el comportamiento de canalizaciones concurrente de distintas ingenierías como hidrosanitaria, gases medicinales, electricidad, señales débiles, entre otras, evitando colapsos, ya que con el método tradicional que son planos en 2D es imposible observar y anticiparse a las fallas o colisiones entre elementos descritos.

Como complemento, debido a que es necesario que los centros dedicados a la salud de la población posean resiliencia frente a los mencionados desastres para que las personas puedan acudir y hacer uso emergente de dichas instalaciones y que estas se encuentren en buen estado, se debe analizar las herramientas de dicha metodología y dentro de las mismas se encuentran las dimensiones BIM y de acuerdo a lo afirmado por Estruga (2021) y Vitorino (2021) se realizó la siguiente recopilación:

Tabla 1*Dimensiones BIM como coadyuvante para el desarrollo de infraestructura resiliente*

| DIMENSION BIM | PRODUCTO O DESARROLLO |
|------------------------|---|
| Primera dimensión o 1D | Concepto o definición de la idea u origen del proyecto; incluye la localización, condiciones iniciales de la infraestructura, estudios de factibilidad, estimaciones, análisis de leyes y estándares aplicables para evaluar la viabilidad del proyecto. |
| Segunda dimensión o 2D | Vectorización del Plano o boceto del proyecto; puede incluir el desarrollo de un plano en dos dimensiones elaborado en CAD o diseño asistido por computadora Computer aided designed, debe ser base para las dimensiones siguientes trabajándolo con un software compatible con el modelado BIM, incluye temas de contrato, definición de ámbito colaborativo e esquemas de sostenibilidad del proyecto objeto. |
| Tercera dimensión o 3D | Modelado en tres dimensiones o modelo orientado a objetos; representa información geométrica del proyecto de forma integrada incluyendo parametrización de los componentes, principalmente el diseño arquitectónico y cada una de las ingenierías necesarias para el desarrollo del proyecto, lo cual permitirá actualizar el modelo en tres dimensiones durante el ciclo de vida del proyecto, efectuando la coordinación de las disciplinas de arquitectura, estructuras e instalaciones o MEP Mechanical, electrical and plumbing. |
| Cuarta dimensión o 4D | Planificación o tiempo; se logra al integrar el cronograma de actividades y trabajo al modelo desarrollado |
| Quinta dimensión o 5D | Costo; se incluye la determinación del presupuesto, control de costos y estimación de gastos, todo orientado a mejorar la rentabilidad del proyecto, asociado a cantidades de insumo donde se incluye, materiales, equipos, y personal. Adicionalmente organizar y presupuestar costos operativos para la fase de uso y mantenimiento, pudiendo incluir en esta fase costos y cantidades de insumos tales como compras, pedidos, salarios, gastos administrativos y de uso general, entre otros. Se debe vincular al modelo tridimensional desarrollado en la 3D mediante variables que permitan la construcción del presupuesto para que pueda ser considerado en esta quinta dimensión BIM. |
| Sexta dimensión o 6D | Sostenibilidad energética o Green BIM; acá se incluyen simulaciones que permitan realizar análisis energéticos de sostenibilidad con el fin de visualizar el comportamiento energético del proyecto antes que se tomen decisiones importantes y se inicie la construcción del proyecto para optimizar procesos en tiempo real tal como futuras inspecciones, remodelados, entre otros. En esta dimensión se trata el diseño sostenible del proyecto y el concepto de ingeniería de valor o Value Engineering, lo cual consiste en optimización de los sistemas constructivos e instalaciones, de tal manera que al realizar modificaciones estratégicas se reduzca significativamente los costos en la fase de construcción y futuras explotaciones sin que el proyecto pierda su esencia. |
| Séptima dimensión o 7D | Seguimiento y mantenimiento o gestión del ciclo de vida del proyecto; En esta dimensión o fase implica el uso de modelos con el fin de prever o realizar actividades de mantenimiento y operación del ciclo de vida del proyecto a través de su gestión, así como de los servicios asociados, adicionando el control logístico y operacional del proyecto durante el uso y mantenimiento de la vida útil, logrando optimizar los procesos tales como inspección, reparación, mantenimiento, entre otros. Aplicando correctamente esta dimensión es posible aplicar el Asset Management o gerencia de activos que corresponde a la gestión del patrimonio o activos basada en principios tales como conocimiento, planificación, organización y gestión integrada contenida en la ISO 55000, e ISO 55000-1, optimizando el rendimiento de los mencionados activos, minimizando costos y mejorando el servicio ofrecido, referenciando el análisis de estrategias durante el ciclo de vida de la edificación, así como las futuras reformas de la construcción a partir del modelo 3D realizado, dicho modelo es útil para la visualización y simulación de la operación y el mantenimiento del activo, con esto es posible establecer el objetivo de saber qué, cuándo y cuánto. |

| | |
|-----------------------|---|
| Octava dimensión u 8D | Seguridad en la Construcción; se añade información relacionada con la seguridad al modelo geométrico, al añadir esta información al modelo se puede predecir los riesgos en el proceso de construcción identificando las actividades que al aplicarse mejoren la seguridad en el trabajo y prevenir accidentes. |
|-----------------------|---|

| | |
|-----------------------|--|
| Novena dimensión o 9D | Construcción sin pérdidas; en esta dimensión está orientada a optimizar y agilizar todos los pasos de la fase de construcción de un proyecto, mediante la digitalización de los procesos |
|-----------------------|--|

| | |
|------------------------|---|
| Decima dimensión o 10D | Industrialización de la construcción, tiene como objetivo industrializar y hacer más productivo el sector de la construcción implementando tecnología e integrando datos físicos, comerciales y medioambientales entre otros. |
|------------------------|---|

En este sentido, las instalaciones diseñadas construidas, basándose en las Dimensiones BIM se generan en un modelo tridimensional en el cual se le han realizado una serie de pruebas y soluciones entre especialidades de arquitectura e ingenierías concurrentes (tercera dimensión BIM), realizar análisis de sostenibilidad energética a la construcción (sexta dimensión BIM) y pudiendo incluso continuar el trabajo de BIM en la infraestructura a través del mantenimiento de la misma (séptima dimensión BIM), mientras tanto, afirma OMS/OPS (2018 p. 113):

La Iniciativa de Establecimientos de Salud... basada en el ISH... une la brecha entre el desempeño ambiental, la resistencia al clima, la resiliencia ante el peligro y la reducción del riesgo de desastres en los establecimientos de salud. (Se establecerá un nivel más alto en el diseño y construcción, así como en el uso de la energía y agua y la prestación de servicios para ayudar a resistir la variabilidad y el cambio climático esperados). El impacto esperado de la Iniciativa de Establecimientos de Salud Inteligentes es construir o remodelar los establecimientos para que se adapten al clima y sean resilientes a los desastres que afectan al Caribe.

Llama la atención lo indicado por OMS/OPS sobre la construcción de establecimientos de salud que tengan la capacidad de adaptarse al clima y posean resiliencia ante los desastres naturales con la flexibilidad en cuanto a pruebas de funcionamiento de infraestructura

Vinculado al concepto, otra herramienta importante es el "Nivel de Desarrollo" del inglés Level Of Development LOD que define el nivel de desarrollo o madurez de información que posee un elemento, sistema constructivo o montaje de la infraestructura dentro de la metodología BIM y de acuerdo a lo indicado por Equipo BIMnD (2013), Imasgal (2022) y Sánchez (2016) se realizó la siguiente recopilación:

Tabla 2*Nivel de Desarrollo LOD utilizado para la elaboración de modelos según la metodología BIM*

| LOD | DESCRIPCION |
|--|--|
| LOD 100 Representación simbólica | Es el modelo elemental del proyecto, se representa de forma gráfica con un símbolo u otra representación genérica y esquemática. |
| LOD 200 Sistema Genérico | El elemento es representado de forma gráfica dentro del modelo como un objeto genérico con una cantidad, tamaño, forma, posición y orientación aún aproximados. |
| LOD 300 Sistema Específico | El elemento se representa gráficamente dentro del modelo como un sistema específico, en el cual el objeto tiene cantidad, dimensión, forma, posición y orientación específica. Los elementos geométricos también están vinculados a la información no gráfica, que es más detallada que la que posee el nivel anterior. |
| LOD 350 Detección de interferencias | El LOD 350 equivale al LOD 300 pero incluye la detección y solución de interferencias entre distintos elementos, referido a proyectos donde intervienen varias disciplinas o desagregación de proyecto específica. Afecta el análisis, programación y coordinación del proyecto. Algunas veces el coste por elemento y en conjunto, |
| LOD 400 Fabricación | El elemento es representado gráficamente dentro del modelo como un sistema específico, en el que el objeto presenta dimensiones, posición, forma y orientación espacial específica con detalles para su fabricación e instalación. Los elementos geométricos están vinculados a la información no gráfica que es más detallada que la presentada en el nivel anterior. |
| LOD 500 Representación verificada en obra | El elemento del modelo es una representación verificada en obra, en cuanto a tamaño, forma, cantidad, posición y orientación se refiere, la información gráfica definitiva se encuentra vinculada a los elementos geométricos del sistema. |
| LOD 600 | El documento G202 del American Institute Of Architects AIA indica la posibilidad de crear nuevos niveles LOD, entre ellos el LOD 600 el objeto no tiene definición geométrica en detalle, pero si posee condiciones de reciclado, de propiedades materiales, toxicidad, vida útil, propiedades básicas de fabricación, distancia al punto de fabricación/reciclado, peso, volumen, formas de traslado y desmontaje, entre otros. Posee información no gráfica vinculada al elemento. |

En consecuencia, es importante el uso de LOD 350 en desarrollos de infraestructura, pues posibilita la detección y solución de interferencias entre especialidades concurrentes, sobre todo y según indican los expertos, en instalaciones hospitalarias además de arquitectura están involucradas la ingeniería estructural, sanitaria, mecánica, eléctrica, electrónica, informática, entre otras. Respecto a Hospitales y su contribución al medio ambiente al diseñar infraestructura de centros de salud, se debe tener en cuenta lo indicado en el LOD 600 sobre reciclado de materiales una vez haya concluido el ciclo de vida del proyecto. Según lo investigado, es posible desarrollar proyectos de diseño para la construcción de hospitales utilizando la metodología BIM y sus herramientas como una alternativa de mitigación ante los desastres naturales que afectan Guatemala.

Resultados

Resultado de las entrevistas del primer grupo de participantes

Se realizaron entrevistas a un primer grupo de ocho expertos diseñadores de infraestructura hospitalaria, siendo estos 3 arquitectos, 2 ingenieros civiles, 1 ingeniero eléctrico, 1 ingeniero mecánico y 1 ingeniero electromecánico. Estas fueron de carácter individual, personales, vía telefónica o bien por medio de aplicaciones tales como WhatsApp, se realizaron apuntes y a solicitud de los entrevistados no se realizó grabación de las entrevistas, mismas que se realizaron para extraer información sobre el uso BIM en diseño y construcción de infraestructura de la salud como una alternativa de mitigación ante los desastres naturales que afectan la zona y recomendaciones en general que los expertos pudieran aportar.

En ese sentido los entrevistados indican tener conocimientos sobre BIM, pero solamente 2 arquitectos, 1 ingeniero civil y el ingeniero eléctrico indican haber participado en al menos un proyecto de diseño y construcción de infraestructura hospitalaria desarrollado con dicha metodología, indican la dificultad del desarrollo del proyecto, tanto por el uso de software y hardware (que todos contarán con computadoras de modelo reciente con los software instalado y funcionando), el uso de los canales de comunicación entre todos los involucrados (definición del software a utilizar y acceso al mismo) y la definición de perfiles para desarrollar el proyecto, que los expertos involucrados tanto arquitectos como ingenieros tuvieran el conocimiento BIM en sus áreas.

Con referencia, mencionan los expertos entrevistados con conocimiento BIM que es posible dar continuidad a hospitales diseñados y construidos con la metodología a través de lo indicado en las Dimensiones BIM y dando continuidad al modelo BIM de la infraestructura referente a que los cambios realizados en la infraestructura sean trasladados al modelo BIM mencionado. En cuanto a hospitales ya construidos, indican algunos de los entrevistados que no se pueden trabajar con la metodología pues se desconoce las condiciones de construcción y cambios realizados a la infraestructura en mención. Es decir, no se puede diseñar un modelo BIM de una infraestructura, pues se desconocerían las colisiones de diseño y su resolución, por lo tanto, no sería un modelo diseñado con la metodología como tal y no se podrían aplicar pruebas BIM en su totalidad.

Dentro de ese marco, todos los entrevistados indican no tener conocimiento que en el país haya algún normativo público o privado, de uso obligatorio de la metodología BIM y que los esfuerzos por su implementación han sido individuales, en cuanto a la adquisición de conocimientos sobre BIM algunas instituciones lo han brindado a sus trabajadores, pero principalmente a nivel personal, ellos han acudido a instituciones educativas pagando por obtener práctica y teoría de la metodología.

Aunado a esta situación, mencionan que se debería de crear políticas y programas a nivel nacional para dar mayor difusión a los temas “metodología BIM”, “hospitales con resiliencia ante desastres naturales” e “implementación de BIM a nivel nacional” en Guatemala, sobre todo a instituciones dedicadas al desarrollo de proyectos de infraestructura hospitalaria.

Así mismo, es recomendable que las instituciones encargadas de desarrollar dichos proyectos en su etapa de diseño, construcción y mantenimiento, sean de carácter público o privado, deben velar por que sus equipos de trabajo posean capacitación en BIM, ya que para tal implementación se recomienda poseer entre su personal, los distintos perfiles que conforman los grupos de trabajo para desarrollo de construcciones a través de la metodología.

Resultado de las entrevistas del Segundo grupo de participantes

Se entrevistó en el segundo grupo a siete expertos en diseño de infraestructura en general (3 arquitectos, 2 ingenieros civiles, 1 ingeniero con especialidad hidrosanitaria y 1 ingeniero eléctrico) con el fin de determinar el desarrollo y uso de modelos BIM en Guatemala, el trabajo en equipo o colaborativo con dicha metodología y sus resultados, así como la implementación BIM en el país y el uso de programas de simulación por especialidad asociados a esta metodología, entre otros.

En ese sentido, todos los expertos indican tener conocimiento en la metodología BIM, indicando también haber participado en desarrollo de infraestructura en general con dicha metodología en el país y al igual que los entrevistados en el primer grupo, no tienen conocimiento de algún normativo o ley de carácter obligatorio en Guatemala sobre el uso de BIM. Sobre el desarrollo de proyectos con BIM, mencionan que se han desarrollado principalmente con trabajo colaborativo, las personas han demostrado conocimiento y práctica en BIM adquiridos individualmente. Los expertos mencionan que algunas empresas, sobre todo extranjeras solicitan sus diseños para la construcción con BIM.

Por otra parte, los expertos coinciden al indicar que los programas de simulación en su especialidad, ya incluyen vínculo a BIM, aunque su uso es por pago y no todos los expertos entrevistados los han utilizado. El experto Hidrosanitarista entrevistado indica que no ha utilizado programas de simulación vinculándolos con BIM, sino realiza su diseño con pruebas de simulación y lo exporta al modelo BIM.

De igual manera, mencionan los expertos entrevistados que es posible dar continuidad a hospitales diseñados y construidos con la metodología BIM a través de lo indicado en las Dimensiones BIM, así como, a los cambios realizados en la mencionada infraestructura media vez sean trasladados a su modelo BIM. En cuanto a infraestructura existente, indican los entrevistados que no se pueden trabajar con la metodología pues se desconoce las condiciones y cambios realizados a la infraestructura en mención. Es decir, no se puede diseñar un modelo BIM de una infraestructura existente, pues se desconocerían las colisiones de diseño y su resolución constructiva, por lo tanto, esto no es aconsejable.

Llama la atención que los entrevistados indican que en Guatemala hay instituciones educativas que imparten cursos y carreras técnicas y profesionales BIM, mencionando al INTECAP y KINAL, entre las universidades mencionadas están la UNIS y UVG.

Resultado de la encuesta

Como parte de esta investigación, también se realizó una encuesta dicotómica cerrada y dentro de una población de 50 modeladores, diseñadores y ejecutores de infraestructura de centros de salud se seleccionó una muestra al azar compuesta de 15 profesionales, siendo estos 4 modeladores de arquitectura hospitalaria, 4 directores/supervisores de proyectos de construcción de hospitales, 2 estudiantes de arquitectura que apoyan a modeladores de arquitectura hospitalaria, 2 diseñadores MEP para infraestructura de atención a la salud, y 3 expertos BIM orientados a diseños para infraestructura de hospitales para responder las interrogantes presentadas en la tabla 3.

Como seguimiento de esta actividad, la encuesta se realizó con un Formulario Google que fue validado en su contenido por un arquitecto, diseñador, asesor y supervisor relacionado con infraestructura hospitalaria y un arquitecto especialista en diseño hospitalario y experto en Hospitales Seguros según terminología de OMS/OPS, también se solicitó autorización de las empresas y autorización del comité de ética de dichas

empresas a las que pertenecen algunos de los participantes encuestados y se entregó a los participantes una carta de consentimiento informado antes de llenar la encuesta.

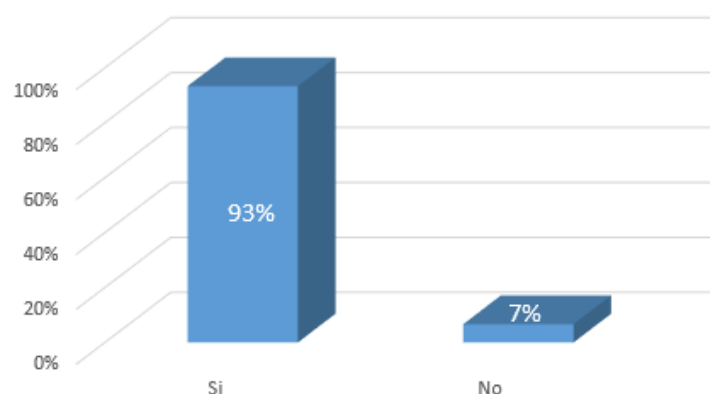
Asimismo, es importante mencionar que todos los entrevistados y encuestados fueron personas mayores de edad a quienes previamente se les informó y solicitó su apoyo para participar en tales eventos y sobre el Formulario Google, éste únicamente guardó las respuestas para privacidad de los participantes. Las entrevistas y encuesta del presente trabajo se realizaron entre mayo del 2023 y febrero del 2024 en Guatemala.

Tabla 3
Resultados del instrumento denominado la Encuesta

| ITEM | SI | % | NO | % | DESCRIPCIÓN |
|------|----|------|----|-----|--|
| 1 | 14 | 93% | 1 | 7% | ¿Desarrolla proyectos de infraestructura de hospitales en Guatemala? |
| 2 | 11 | 73% | 4 | 27% | ¿Tiene conocimiento de algún proyecto de construcción de hospitales con metodología BIM en Guatemala? |
| 3 | 6 | 40% | 9 | 60% | ¿Conoce algún plan o programa de implementación de BIM en el desarrollo de infraestructura en el país? |
| 4 | 15 | 100% | 0 | 0% | ¿Considera posible mitigar el impacto de los desastres naturales en infraestructura de hospitales mediante su diseño y construcción con metodología BIM? |
| 5 | 11 | 73% | 4 | 27% | ¿Considera importante implementar la metodología BIM de manera obligatoria en la construcción de hospitales en Guatemala? |

A continuación, se presentan las figuras representando las cantidades obtenidas con base en las respuestas dicotómicas cerradas de la encuesta y un análisis de resultados, comparando dichos resultados con lo indicado por expertos que participaron en las dos entrevistas realizadas, tanto en desarrollo de infraestructura en general como en infraestructura hospitalaria.

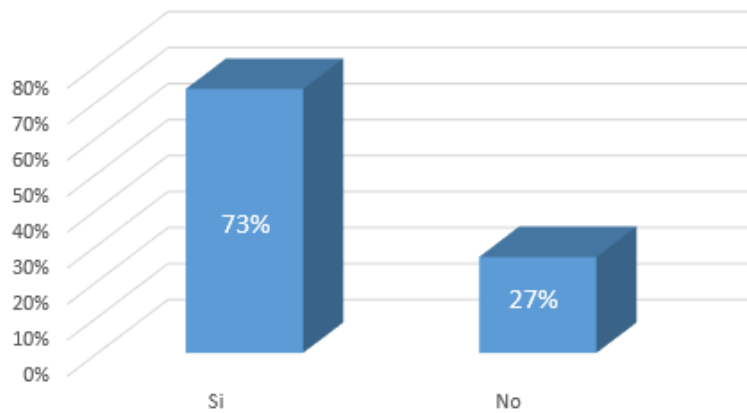
Figura 2
Pregunta 1. ¿Desarrolla proyectos de hospitales en Guatemala?



En ese sentido, en la figura No. 2 es interesante observar que el 93% de los entrevistados actualmente se encuentran involucrados en desarrollo de proyectos de infraestructura hospitalaria en Guatemala, el 7% que corresponde a los que no están desarrollando este tipo de proyectos. Esto proporciona una opinión válida y favorable respecto a proyectos de construcción de centros de salud, pues los encuestados en su mayoría participan en este tipo de proyectos.

Figura 3

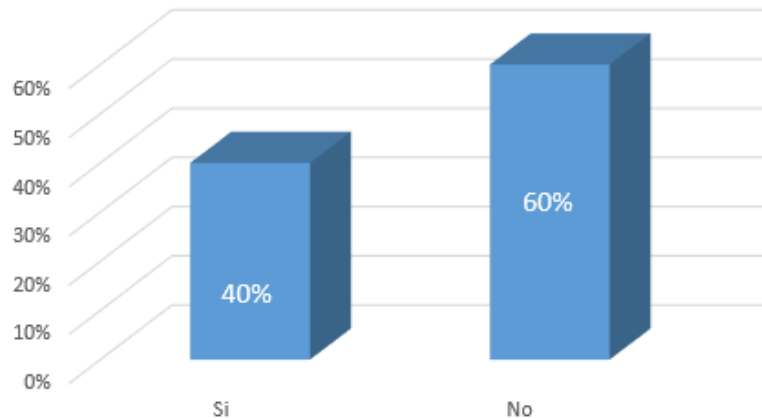
Pregunta 2. ¿Tiene conocimiento de algún proyecto de construcción de hospitales con metodología BIM en Guatemala?



Por otra parte, es posible observar en la figura No. 3 que el 73% de los entrevistados indican tener conocimientos sobre algún proyecto de construcción de hospitales desarrollado con la metodología BIM en Guatemala y el 27% indican que no lo han utilizado o no tienen conocimiento alguno de este tipo de proyectos, es posible que ellos no se dediquen al desarrollo y diseño de infraestructura para hospitales y no tengan conocimiento BIM o no les interese.

Figura 4

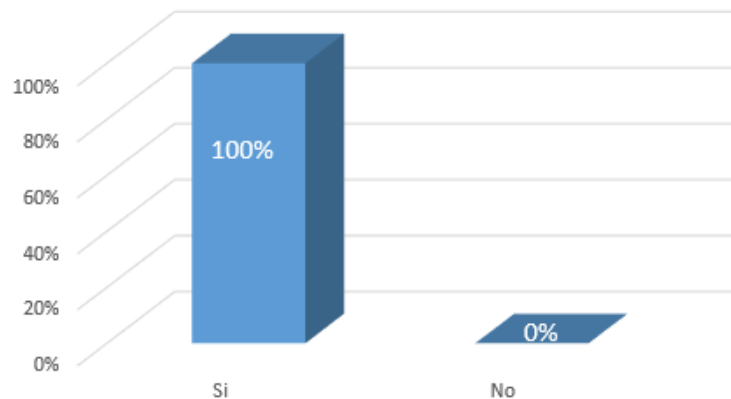
Pregunta 3. ¿Conoce algún plan o programa de implementación de BIM en el desarrollo de infraestructura en el país?



Dentro de los profesionales que contestaron la encuesta y de acuerdo a la figura No. 4. El 40% indica tener conocimiento de algún plan o programa de implementación de BIM en el desarrollo de infraestructura en Guatemala, mientras que el 60% opinan que no tiene conocimiento sobre lo indicado, mientras que los entrevistados indicaron desconocimiento en cuanto a algún plan o programa de implementación de BIM en Guatemala, esto puede deberse a que hay empresas dedicadas al desarrollo de la construcción de infraestructura que tienen normativos dentro de sus líneas de trabajo orientadas a la utilización de BIM para estos proyectos.

Figura 5

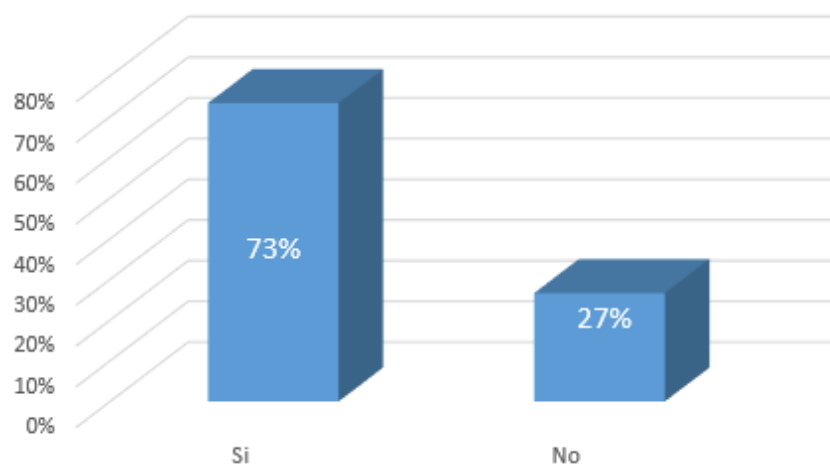
Pregunta 4. ¿Considera posible mitigar el impacto de los desastres naturales en infraestructura de hospitales mediante su diseño y construcción con metodología BIM?



El 100 % de los encuestados, según la figura 5, indican que, si es posible mitigar el impacto de los desastres naturales en infraestructura de hospitales mediante su diseño y construcción con metodología BIM, esto concuerda con lo indicado por todos los profesionales entrevistados.

Figura 6

Pregunta 5. ¿Considera importante implementar la metodología BIM de manera obligatoria en la construcción de hospitales en Guatemala?



De acuerdo a la consulta a través de la encuesta, el 73% de los participantes indican que es importante implementar la metodología BIM de manera obligatoria en la construcción de hospitales en Guatemala y el 27% indican que no es importante la mencionada implementación. Los resultados obtenidos se generaron a través de un contraste entre las entrevistas, la encuesta y la investigación documental.

Discusión y conclusiones

Con base en los resultados obtenidos (periodo mayo 2023-febrero 2024) es posible afirmar que es de suma importancia la implementación de la metodología BIM

como una medida de mitigación en el diseño y la construcción de infraestructura hospitalaria ante los fenómenos naturales que afectan a Guatemala y de acuerdo a la investigación documental, entrevistas y la encuesta realizada se puede concluir que:

1. ¿Desarrolla proyectos de infraestructura con metodología BIM en Guatemala?
El 93% de los profesionales encuestados menciona estar involucrado en el desarrollo de infraestructura hospitalaria, mientras que el 7% que corresponde a los que no desarrollan este tipo de proyectos. Por su parte, mencionaron los expertos entrevistados en los dos grupos que se encuentran trabajando en desarrollo de proyectos para la construcción de centros de atención a la salud en el país, a diferencia de antes de la pandemia, se tenían pocos proyectos de desarrollo de hospitales, de lo que se puede deducir y concluir que si hay un auge en procesos constructivos de hospitales en el país y que las respuestas plasmadas en la encuesta indican que en su mayoría corresponden a personas desarrolladoras de infraestructura de hospitales.
2. ¿Tiene conocimiento de algún proyecto de construcción de hospitales con metodología BIM en Guatemala?

Los resultados de la encuesta indican que el 73% de las personas encuestadas indican tener conocimiento sobre construcción de hospitales con metodología BIM, consultando con los profesionales entrevistados, ellos indican que también han desarrollado proyectos de este tipo de infraestructura con BIM. No obstante, los expertos en metodología BIM entrevistados en el primer grupo indican que en Guatemala han trabajado en desarrollo de proyectos hospitalarios principalmente en remodelaciones o ampliaciones, mencionan cuatro profesionales que están trabajando en dar acompañamiento a un diseño de hospitales con la metodología, pero lo realiza una firma internacional.

Como complemento, lo indicado concuerda con las respuestas de la pregunta anterior, que, la mayoría de encuestados han desarrollado proyectos de infraestructura con BIM incluyendo hospitales. Respecto al porcentaje, tanto en la encuesta, como los profesionales entrevistados que indican que no lo han utilizado o no tienen conocimiento alguno de este tipo de proyectos con BIM, es posible que ellos no se dediquen al desarrollo y diseño de infraestructura para hospitales y que sus proyectos los desarrollen de manera tradicional, sin uso de la metodología.

3. ¿Conoce algún plan o programa de implementación de BIM en el desarrollo de infraestructura en el país?

El 40% de los encuestados indica tener conocimiento de algún plan o programa de implementación de BIM en el desarrollo de infraestructura en Guatemala, el 60% opinan que no tiene conocimiento sobre lo indicado y los entrevistados indicaron desconocimiento en cuanto a algún plan o programa de implementación de BIM en Guatemala, lo cual pueda deberse a normativos internos o propios de determinadas empresas. A diferencia de los expertos entrevistados en el primer y segundo grupo, quienes indican no tener conocimiento que en el país haya algún plan, programa o normativo público o privado, de uso obligatorio de la metodología BIM y que los esfuerzos por su implementación han sido individuales, indican también que algunas empresas, sobre todo extranjeras solicitan sus diseños para la construcción con BIM. En ese sentido, la investigación documental indica que no existen políticas ni programas de difusión e implementación obligatoria para diseño y construcción de hospitales utilizando BIM en Guatemala, pero algunas

empresas por iniciativa propia están en proceso de transición al uso de dicha metodología, dentro de los grupos de trabajo de las distintas instituciones hay personal que se ha capacitado por sus propios medios.

4. ¿Considera posible mitigar el impacto de los desastres naturales en infraestructura de hospitales mediante su diseño y construcción con metodología BIM? ¿Cómo va a disminuir el Impacto de los desastres naturales en la infraestructura hospitalaria en Guatemala?

Para tal efecto, el 100 % de los encuestados y entrevistados, indican que, si es posible mitigar el impacto de los desastres naturales en infraestructura de hospitales mediante su diseño y construcción con metodología BIM, esto concuerda con la investigación secundaria realizada, ya que debido a que se pueden realizar pruebas al modelo 3D analizar el comportamiento y solucionar antes de construir, existen programas o software para realizar pruebas de funcionamiento en las diversas especialidades sea de arquitectura o ingeniería con vinculo a la metodología BIM con lo que es posible disminuir el impacto de los desastres naturales en la infraestructura hospitalaria en Guatemala. Los expertos entrevistados en el primer y segundo grupo de participantes indican que es importante contar con los estudios previos al terreno y con base en esto realizar un modelo final al cual se le hacen pruebas de funcionamiento ante diversos fenómenos, se analiza el comportamiento y se soluciona en el modelo generado previo al proceso constructivo, siendo más certero el análisis a través de un modelo 3D que solamente planos en 2D, afirmando también que es posible dar continuidad a toda construcción diseñada y construida con BIM a través de lo indicado en las Dimensiones BIM y dando continuidad al modelo BIM de la infraestructura referente a que los cambios realizados en la infraestructura sean trasladados al modelo mencionado. En cuanto a infraestructura ya construida, indican los entrevistados que no se pueden trabajar con la metodología pues se desconoce las condiciones y cambios realizados a la infraestructura en mención. Es importante mencionar que uno de los entrevistados indicó que, si era posible dar continuidad con BIM a proyectos de remodelación, pero concluye que solo aplica a los ambientes construidos con la metodología.

5. ¿Considera importante implementar la metodología BIM de manera obligatoria en la construcción de hospitales en Guatemala?

Llama la atención que el 73% de los participantes de la encuesta indican que es importante implementar la metodología BIM de manera obligatoria en la construcción de hospitales en Guatemala y el 27% indican que no es importante la mencionada implementación. En ese sentido, mencionan los expertos entrevistados en ambos grupos que se debe crear políticas y programas a nivel nacional para dar mayor difusión a los temas tanto de BIM como de hospitales resilientes ante fenómenos naturales, así mismo, las instituciones públicas o privadas encargadas de desarrollar dichos proyectos, deben velar por que sus equipos de trabajo posean capacitación en la metodología BIM, orientados a conformar los distintos perfiles para desarrollo de construcciones a través de la metodología.

Recomendaciones y propuesta de continuidad

1. Se comprobó documentalmente que debido a los desastres producidos por fenómenos naturales que han sucedido y siguen sucediendo en Guatemala y

han dejado cuantiosas pérdidas tanto humanas como materiales y debido a la necesidad de construir infraestructura de centros de atención a la salud resiliente, así como la reducción de costos de servicios tales como la energía eléctrica, reducción de emisión de gases de efecto invernadero, mejor acceso al agua potable, entre otros, es recomendable la implementación de BIM en el diseño y construcción de hospitales en el país, pues a los modelos 3D generados es posible realizar simulación del comportamiento de la infraestructura ante los mencionados fenómenos naturales y solucionar antes de construir con mucho más detalle que solamente con planos en 2D, siendo posible construir hospitales resilientes ante los desastres causados por los fenómenos descritos.

2. La evidencia basada en la investigación documental, entrevistas y encuestas indica que para implementar proyectos de construcción de hospitales utilizando la metodología BIM en Guatemala se necesita de programas y políticas de difusión, siendo importante dar a conocer las metas a corto, mediano y largo plazo, así como los compromisos sociales e institucionales generados a nivel nacional a través de la implementación de BIM en el diseño y la construcción de hospitales en Guatemala.
3. Con basamento en las entrevistas realizadas a expertos en BIM se afirma que no es posible dar continuidad a través de BIM a toda infraestructura que no se construyó con la metodología. Mientras que, si el diseño y desarrollo constructivo se lleva a cabo con BIM, es posible darle continuidad, inclusive, hasta su demolición y reciclado de materiales, a través de herramientas de la metodología, así como dar continuidad a ampliaciones o remodelaciones diseñadas y construidas con la metodología.
4. Con sustento en la investigación primaria y la investigación secundaria presentada es posible indicar que para llevar a cabo el desarrollo de infraestructura de hospitales utilizando BIM, se debe desarrollar normativos y reglamentos obligatorios para su uso en la construcción de centros dedicados a la salud de la población, así mismo, las instituciones encargadas de desarrollar dichos proyectos en su etapa de diseño, construcción y mantenimiento, sean de carácter público o privado, deben velar por que sus equipos de trabajo posean capacitación en la terminología y la aplicación de la metodología, asimismo. desarrollar y capacitar al personal para conformar equipos de trabajo con los perfiles exigidos por dicha metodología.
5. Para futuras investigaciones a partir del presente trabajo, se puede mencionar la selección de software de pago por uso o de uso gratuito para desarrollo BIM en el país para desarrollo de proyectos de centros de salud, software de uso BIM recomendado para cada especialidad concurrente involucrada, software BIM para desarrollo de infraestructura hospitalaria verde, desarrollo de infraestructura hospitalaria BIM mediante uso de materiales de construcción que puedan ser reciclados, hospitales BIM y el medio ambiente durante su ciclo de vida, dimensiones BIM e infraestructura hospitalaria auto sostenible, perfiles técnicos y profesionales BIM para el desarrollo de infraestructura y mantenimiento de hospitales en Guatemala, actualización del modelo BIM mas allá de la construcción de la infraestructura, entre otros.

Agradecimientos

Agradezco a: Dios por ser mi guía y fortaleza durante este trabajo de investigación, a mi tutora la Doctora Ramírez Vargas por sus amables instrucciones durante el desarrollo y presentación del trabajo investigativo, a los profesionales que amablemente atendieron para que fuera posible llevar a buen fin este trabajo, a mi familia por brindarme siempre su apoyo y a la revista *MLS Project, Design and Management (PDM)* por permitirme aportar a la comunidad presentando mi artículo.

Referencias

- Arevalo Pizarro, A. S. & Soto Arrieta, J. R. (2022). Building Information Modeling (BIM) y su Desarrollo en la Industria de la Construcción. <https://pirhua.udep.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/2ef13495-b055-4d17-8f4f-d1eabed46664/content>
- Barillas, M. (2022). *El antes, durante y después de la gestión de desastres en Guatemala*. Colorado School of Mines. <https://reliefweb.int/report/guatemala/el-antes-durante-y-despues-de-la-gestion-de-desastres-en-guatemala>
- Bohorquez Lozano, C. L., & Osorio Cubas, V. E. (2024). Simulación BIM 4D para la predicción de riesgos en la fase de planificación en la construcción de la Infraestructura de la Universidad Faustino Sánchez Carrión en Oyón, 2023. <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/8874>
- Bolaños, R. M. (2020). 15 Desastres naturales que han impactado Guatemala durante los últimos 22 años. *Prensa Libre*. <https://www.prensalibre.com/guatemala/comunitario/15-desastres-naturales-que-han-impactado-guatemala-en-los-ultimos-22-anos/>
- Bustos Álvarez, M., & Sosa Pedroza, T. E. (2021). *Edificaciones resilientes para las urbes latinoamericanas*. MIC (BIM) como metodología integradora. <http://zaloamati.azc.uam.mx/handle/11191/8813>
- Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres CONRED. (2021). *Actualización 2021 países con mayor riesgo de desastres*. [Comunicado de prensa]. <https://conred.gob.gt/actualizacion-2021-de-paises-con-mayor-riesgo-a-desastres/>
- Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres CONRED (2013). *OPS/OMS Continúan proceso de fortalecimiento de Hospitales Seguros*. <https://conred.gob.gt/ops-oms-continuan-proceso-de-fortalecimiento-de-hospitales-seguros/>
- Dávila Pincay, J. F., & Baltán Larrosa, S. L. (2024). Control de inundaciones en propuesta de diseño de muro de gaviones aplicando metodología BIM. Estudio de caso. [Bachelor's Thesis, ULVR]. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/7248>
- Estruga, N. (2021). *Qué son y cómo funcionan las dimensiones de BIM*. <https://www.ealde.es/dimensiones-bim/>
- Equipo BIMnD (2013). *Una breve historia del LOD (Nivel de desarrollo) en BIM*. <https://www.bimnd.es/una-breve-historia-del-lod-nivel-de-desarrollo-en-bim/>
- García Sanjuan, C. C., & Torres Menco, É. A. (2021). *Implementación de las metodologías Bim 5D y líneas de balance en la optimización de la planeación de proyectos de viviendas de interés social, caso de estudio: mz. 72 barrio Bicentenario*. [Trabajo de

- Grado, Universidad de Cartagena]. <https://repositorio.unicartagena.edu.co/handle/11227/13530>
- Imasgal (2022). *Nivel de desarrollo (LOD) en BIM*. <https://imasgal.com/nivel-desarrollo-bim-lod/>
- Meléndez, I. M. S., Gutiérrez, L. V., & Fontes, C. J. L. (2019). Ventajas de la implementación de la metodología BIM utilizando Revit en el desarrollo de proyectos de edificaciones. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, 12(10), 151-163. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8590213>
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social MSPAS (2022). *Índice de Seguridad Hospitalaria ISH 2015-2022*.
- Morales, V. B., & Galindo, S. O. (2022). Caracterización de los beneficios de la metodología BIM identificando las principales causas que ocasionan falencias dentro de la construcción generando una consulta a profesionales del sector. *Ingeniería civil*, 600. [Trabajo de Grado, Universidad Católica de Colombia]. <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/4ebd5334-394c-44c3-a8c9-3d0bccef202e/content>
- Organización Mundial de la Salud/Organización Panamericana de la Salud (2023). *La OPS avanza en 13 países de las Américas con su iniciativa "Hospitales Resilientes frente a Emergencias de Salud y Desastres"*. <https://www.paho.org/es/noticias/14-4-2023-ops-avanza-13-paises-americas-con-su-iniciativa-hospitales-resilientes-frente>
- Organización Mundial de la Salud/Organización Panamericana de la Salud OMS/OPS (2010). *Índice de Seguridad Hospitalaria*.
- Organización Mundial de la Salud/Organización Panamericana de la Salud (2018). *Herramienta de hospitales inteligentes*. PAHO HQ Library Cataloguing in Publication Data. <https://www.paho.org/es/documentos/herramienta-para-hospitales-inteligentes>
- Sánchez Ortega, A. (2016). *LOD o Nivel de Desarrollo BIM ¿Qué significa?* <https://www.espaciobim.com/lod>
- Vitorino Bravo, P. A. (2021). *Las 7 dimensiones BIM*. <https://konstruedu.com/es/blog/las-7-dimensiones-de-bim>

PLAN INTEGRAL SUSTENTABLE DE MOVILIDAD URBANA AL SISTEMA ACTUAL DE TRANSPORTE MASIVO PARA EL ÁREA METROPOLITANA DE PANAMÁ CON LOS METROTAXIS
COMPREHENSIVE SUSTAINABLE URBAN MOBILITY PLAN FOR THE CURRENT MASS TRANSPORTATION SYSTEM FOR THE METROPOLITAN AREA OF PANAMA WITH METROTAXIS

Philippe Ricardo Dudley Preite¹

Universidad Internacional Iberoamericana, Panamá

(dudley.philippe@gmail.com) (<https://orcid.org/0009-0007-2284-3032>)

Ernesto Francisco Bautista Thompson

Universidad Internacional Iberoamericana, México

(ernesto.bautista@unini.edu.mx) (<https://orcid.org/0000-0001-5219-6891>)

Información del manuscrito:

Recibido/Received: 13/05/2024

Revisado/Reviewed: 18/12/2024

Aceptado/Accepted: 23/12/2024

RESUMEN

Palabras clave:

metrotaxis, integrado, movilidad, transporte.

La presente investigación tiene como objetivo diseñar un plan de movilidad urbana integral para abordar las problemáticas causadas por el servicio deficiente de transporte público selectivo, considerando factores de eficacia, eficiencia e impacto social, con el propósito de mejorar la calidad de vida de los habitantes y garantizar un sistema de transporte público seguro, eficiente y sostenible en la ciudad de Panamá. Se busca desarrollar estrategias y planes de acción a corto plazo, considerando diversos componentes del sistema actual de movilidad urbana. El sistema actual consistió inicialmente en las dos primeras líneas de metro. Inmediatamente se le anexaron los alimentadores para llegar a los lugares que geográficamente no podía acceder el metro la cual se denominaron MetroBus. La manera como se encuentra estructurado la ciudad, dificulta aún más el acceso de los buses por lo que la necesidad de anexar otro sistema al actual de transporte masivo es lo adecuado debido a: lugares que, por la estructura de las vías, no es factible que acceda un MetroBus, por temas de seguridad que los taxis actuales sean utilizados como camuflaje para cometer robos o que los mismos sean víctimas. Este último al ser integrado (indemnizado), ya el sistema integrado único utilizaría la misma tarjeta de acceso sin la necesidad de utilizar dinero en efectivo y de igual modo, los conductores con un salario base fijo. La meta de esta investigación es ofrecer soluciones innovadoras que mejoren la red de transporte y aporten herramientas confiables y seguras para lograr una ciudad organizada y reconocida como referente en movilidad urbana.

¹ Autor de correspondencia.

ABSTRACT

Keywords:

metrotaxis, integrated, mobility, transport.

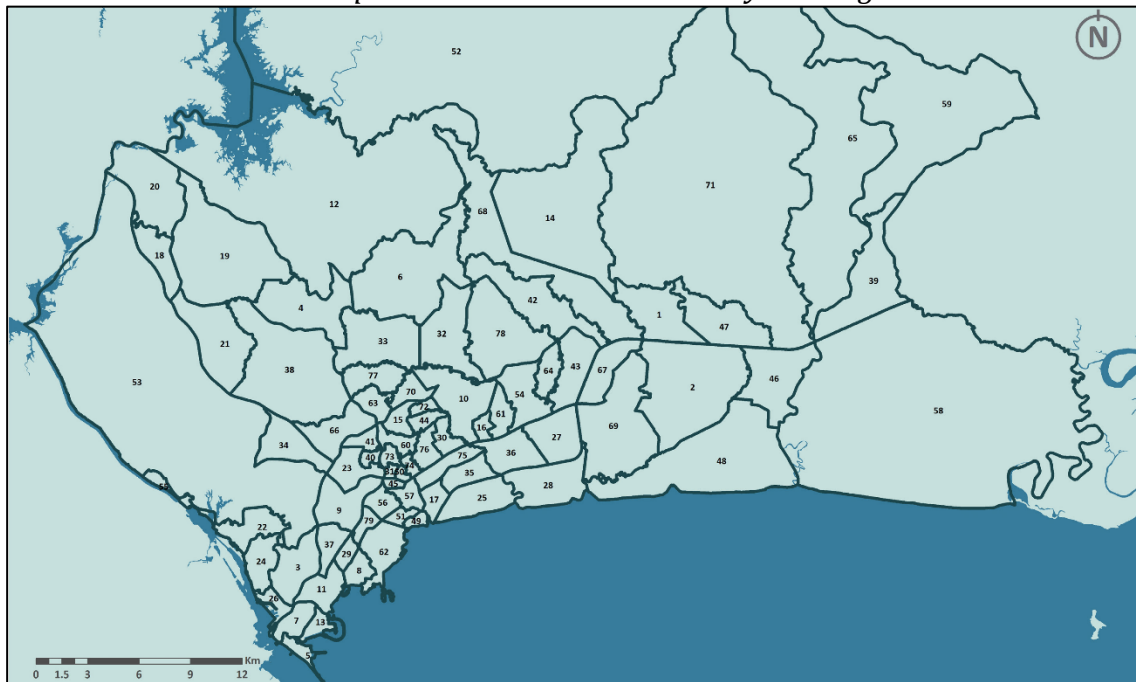
This research seeks to design a comprehensive urban mobility plan to address the problems caused by poor selective public transport service, considering factors of effectiveness, efficiency and social impact, with the aim of improving the quality of life of residents and guaranteeing a safe, efficient and sustainable public transport system in Panama City. It seeks to develop short-term strategies and action plans, considering various components of the current urban mobility system. The current system initially consisted of the first two subway lines. Immediately the feeders were attached to reach the places that geographically the subway could not access, which were called MetroBus. The way the city is structured makes it even more difficult for buses to access, so the need to add another system to the current mass transportation is appropriate due to: places that, due to the structure of the roads, it is not feasible for a MetroBus to access, for security reasons that current taxis are used as camouflage to commit robberies or that they are victims. This last one being integrated (compensated), and the single integrated system would use the same access card without the need to use cash and likewise, drivers with a fixed base salary. The goal of this research is to offer innovative solutions that improve the transportation network and provide reliable and safe tools to achieve an organized city recognized as a benchmark in urban mobility.

Introducción

Dentro de la estructura de las grandes ciudades, el transporte público selectivo juega un papel esencial. Uno de los mayores desafíos que enfrentan las administraciones públicas en la Ciudad de Panamá, que comprende también el distrito de San Miguelito, es lograr un sistema que satisfaga las necesidades de los habitantes. Un transporte público eficiente no solo mejorará la calidad de vida de los ciudadanos, sino que también facilitará un desarrollo sostenible y económico adaptado a las necesidades de la población (Arévalo, 2016).

Figura 1

Sectores de nomenclatura para los Distritos de Panamá y San Miguelito



Nota. Adaptado de *Sistema de nomenclatura para el Distrito de Panamá* (p. 16), por Steer Davies, 2018, Manual de normas gráficas.

Tabla 1
Sectores del Distrito de Panamá y San Miguelito

| ID | Nombre | ID | Nombre | ID | Nombre | ID | Nombre |
|----|-----------------------|----|------------------------------|----|-------------------------|----|-----------------|
| 1 | 24 de Diciembre Norte | 21 | Chilibre Sur | 41 | Los Andes 2 | 61 | San Antonio |
| 2 | 24 de Diciembre Sur | 22 | Clayton | 42 | Mañanitas Norte | 62 | San Francisco |
| 3 | Albrook | 23 | Condado del Rey | 43 | Mañanitas Sur | 63 | San Isidro |
| 4 | Alcalde Díaz | 24 | Corozal | 44 | Mano de Piedra | 64 | San Joaquín |
| 5 | Amador | 25 | Costa del Este | 45 | Monte Oscuro | 65 | San Martín |
| 6 | Bachiller | 26 | Diablo | 46 | Pacora Centro | 66 | Templo Bahai |
| 7 | Balboa | 27 | Don Bosco | 47 | Pacora Norte | 67 | Tocumen Centro |
| 8 | Bella Vista | 28 | Don Bosco Sur | 48 | Pacora Sur | 68 | Tocumen Norte |
| 9 | Betania | 29 | El Cangrejo | 49 | Panamá Viejo | 69 | Tocumen Sur |
| 10 | Brisas del Golf | 30 | El Crisol | 50 | Paraíso | 70 | Torrijos Carter |
| 11 | Calidonia | 31 | El Martillo | 51 | Parque Lefevre | 71 | Utivé |
| 12 | Calzada Larga | 32 | Ernesto Córdoba Campos Este | 52 | Parque Nacional Chagres | 72 | Valle de Urracá |
| 13 | Centro Histórico | 33 | Ernesto Córdoba Campos Oeste | 53 | Parque Soberanía | 73 | Veranillo |
| 14 | Cerro Azul | 34 | Estadio Rod Carew | 54 | Pedregal | 74 | Villa Guadalupe |
| 15 | Cerro Batea | 35 | Jardín Olímpico | 55 | Pedro Miguel - Paraíso | 75 | Villa Lorena |
| 16 | Cerro Viento | 36 | Juan Díaz | 56 | Pueblo Nuevo | 76 | Villa Lucre |
| 17 | Chanis | 37 | La Locería | 57 | Río Abajo | 77 | Villa Zaíta |
| 18 | Chilibre Centro | 38 | Las Cumbres | 58 | Río Chico | 78 | Villalobos |
| 19 | Chilibre Este | 39 | Las Garzas | 59 | Río Indio | 79 | Vista Hermosa |
| 20 | Chilibre Norte | 40 | Los Andes 1 - 9 de Enero | 60 | Samaria | | |

Nota. Adaptado de *Sistema de nomenclatura para el Distrito de Panamá* (p. 16), por Steer Davies, 2018, Manual de normas gráficas.

El desarrollo del área metropolitana de Panamá ha experimentado un crecimiento poco planificado, impulsado principalmente por el mercado inmobiliario y con una legislación deficiente en herramientas de planificación, ejecución y control. Durante los últimos 60 años, el desarrollo ha sido explosivo y discontinuo, lo que ha generado una estructura lineal en tres direcciones diferentes, con usos residenciales predominantes en la periferia y actividades laborales concentradas en el centro del área metropolitana. Esta situación ha dado lugar a una movilidad complicada para los habitantes, con largos recorridos hacia los centros de trabajo y estudio, congestión de las pocas vías disponibles y altos costos del suelo urbano (Metro de Panamá, 2016).

En los últimos años, se han llevado a cabo proyectos específicos para mejorar las condiciones de movilidad en el área metropolitana, centrándose en particular en la Ciudad de Panamá que comprende también el distrito de San Miguelito. Uno de los principales avances ha sido la implementación del sistema de MetroBus, junto con las dos primeras líneas del Metro, los cuales forman parte del actual sistema de transporte masivo de la ciudad (Metro de Panamá, 2016).

La manera como se encuentra estructurado la ciudad, dificulta aún más el acceso de los buses por lo que la necesidad de anexar otro componente al sistema actual de transporte masivo es lo adecuado debido a: lugares que, por la estructura de las vías, no

es factible que acceda un MetroBus, también por temas de inseguridad que los taxis actuales sean utilizados como camuflaje para cometer robos o que los mismos sean víctimas. Este último al ser integrado (indemnizado), permitiría que utilizara la misma tarjeta de acceso multimodal para los componentes actuales del sistema de transporte masivo, tanto del MetroBus como del Metro de Panamá y sin la necesidad de utilizar dinero en efectivo. De igual modo, que los conductores tengan un salario base fijo (Metro de Panamá, 2016).

La diferencia de este proyecto con respecto a los diversos estudios realizados al sistema de taxis radicaría en que aparte de formar parte de un sistema integrado con el Metro y el MetroBus, la flota de los Metrotaxis primeramente estaría bien identificados y rotulados de acuerdo con la imagen corporativa del sistema.

Con la finalidad de que se pueda fundamentar la aportación de la investigación, se mencionan entre otros, algunos estudios previos en donde se presentaron soluciones a una necesidad similar de tal forma que se puedan plantear lagunas en investigaciones previas que justifiquen los objetivos de la investigación.

Tabla 2
Investigaciones previas

| <i>Estudios previos</i> | <i>Desventajas o particularidades</i> |
|--|--|
| <i>Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Siguiendo ejemplos exitosos en varias ciudades alrededor del mundo, en América Latina, se emprendió un primer esfuerzo por mejorar los sistemas de transporte público. Esto se logró mediante la construcción de sistemas ferroviarios en ciudades de gran tamaño, con el objetivo de contrarrestar las desventajas y los efectos negativos del transporte convencional que había prevalecido en la región (Pardo, 2009).</i> | Estos sistemas ferroviarios representaron una mejora significativa en la calidad de los servicios de transporte en diversas ciudades de América Latina. No obstante, esta mejora se limitó a las rutas específicas donde se establecieron, dejando intactas las demás rutas de transporte público tradicional en la ciudad (Pardo, 2009). |
| <i>La Corporación Andina de Fomento (CAF) lanzó el Observatorio de Movilidad Urbana (OMU) en América Latina para abordar la falta de información actualizada y confiable sobre transporte y movilidad en la región. El proyecto comenzó con el análisis de 15 áreas metropolitanas en 9 países de la región y demostró que la Ciudad de Panamá no es la única que enfrenta estos desafíos (Fonseca, 2012).</i> | La OMU encontró que el modelo privado de transporte predomina en las 15 ciudades estudiadas, resultado de la concesión irregular de servicios. Los vehículos que utilizan más intensamente el sistema vial son los automóviles y los taxis individuales, lo que representa el 85% del total de los recorridos según el informe de la CAF (Fonseca, 2012). |
| <i>Para abordar la creciente necesidad de movilidad urbana en la ciudad del municipio de Maracaibo, estado de Zulia, la Comisión Presidencial de Transporte en Maracaibo, Venezuela, implementó una política orientada a la introducción de un sistema de transporte colectivo que esté en línea con las políticas de transporte y urbanas (Velásquez, 2015).</i> | Como resultado de esta iniciativa, se dio paso al desarrollo del Metro de Maracaibo, con el objetivo de ofrecer una solución efectiva a los desafíos de movilidad que enfrenta la ciudad. La inserción del metro en la ciudad se posiciona en la actualidad como un escenario que evidencia una desarticulación entre las políticas de intervención del espacio público deseable y los modelos de desarrollo de los medios |

de transporte que facilitan su movilidad. El impacto, como una buena práctica para la planificación del transporte, se minimizó al no considerar la diversidad, la accesibilidad y la cualificación de sus espacios públicos, como indicadores para el manejo de la movilidad (Velásquez, 2015).

Método

Diseño

El tipo de estudio que se llevó a cabo en la investigación se basó en la construcción de un marco de referencia teórico y práctico. El objetivo principal es familiarizarse con un tema novedoso, por lo que se utilizó un enfoque exploratorio o formulativo. Este enfoque sirvió como punto de partida para estudios posteriores de mayor profundidad (FUNIBER, 2020).

El tipo de estudio que se propuso tiene pocos antecedentes en cuanto a su modelo teórico o aplicación práctica, ya que no se han realizado otros estudios sobre el tema. Por lo tanto, se buscó hacer una recopilación teórica debido a la ausencia de un modelo específico relacionado con el problema de investigación. Este trabajo podría servir de base para la realización de nuevas investigaciones en el futuro (Vásquez, 2005).

Para alcanzar los objetivos propuestos y relacionados con las variables a medir, se consideró la recolección de dos tipos de información: información primaria e información secundaria. La información primaria se basó en una serie de estudios de campo previamente realizados por el Metro de Panamá y financiados por el Banco Interamericano de Desarrollo. La información secundaria incluyó datos del último Censo Poblacional (2023), el Censo Económico elaborado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC), y bases de datos de la ciudad con información relacionada a población, tamaño de los hogares, ingresos familiares, entre otros. Estos datos se combinaron con las encuestas para estimar tasas de generación y matrices de viajes (Metro de Panamá, 2015 – 2016, p. 7).

Cabe destacar que inicialmente se recolectó información secundaria de libros de texto, posteriormente una investigación de campo con entrevistas que brindaron información primaria y actualizada del objeto de estudio.

En la aplicación de las encuestas se contó con el apoyo de los colaboradores. Luego de forma manual se procesó la información obtenida, iniciando con su tabulación, graficas, análisis e interpretación de los resultados.

Una vez recopilada la información, se procedió al procesamiento y análisis de esta para generar los insumos necesarios para construir los modelos de oferta y demanda, así como el modelo de transporte.

Hipótesis de investigación

H₁: llevar dos y hasta tres carreras o personas distintas en un mismo trayecto, afectó el tiempo del usuario que aborda en primera instancia el vehículo, así como su seguridad.

H₂: la distribución de certificados de operación de circulación de taxis de forma indiscriminada por la autoridad competente sobrepasó la relación entre la cantidad de habitantes.

H₃: el haber diferentes dueños de taxis de la misma piquera provocó que se produzcan las regatas y accidentes vehiculares y el congestionamiento en las paradas, con tal de llegar primero al pasajero.

Población y muestra

Para determinar el tamaño de la muestra se utilizó la fórmula para población infinita (Fernández, 2010), ya que al ser un lugar en donde se concentra la mayor demanda, se aplicó una encuesta a la muestra de la población, en este caso, la región metropolitana de la Ciudad de Panamá que abarca también el distrito de San Miguelito, la que según información del Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) de la Contraloría General de la República de Panamá, de la cantidad de 1,311,075 habitantes que comprende, se tomará el 1.1% que abarca 14,461 habitantes que equivalen a una población de 10 y más años de edad que habitan en hogares particulares que por condición de actividad, tienen un ingreso mensual del hogar menor a USD 1000.00 mensual (dólar americano), teniendo en cuenta que el salario mínimo promedio actual es de USD 769.00 mensual (Hernández, 2023). Para generar la muestra, se utilizaron criterios tales como las actividades desarrolladas en la zona, el potencial de atracción y producción de viajes y la accesibilidad a las estaciones de las Líneas del Metro, buscando generar la optimización de camino de los usuarios a los diferentes sistemas de transporte. Aplicando la fórmula se obtiene la siguiente muestra representativa de 171 personas que equivale al 20% de la población seleccionada (Contraloría General de la República de Panamá, 2023).

Para el cálculo de la muestra se utilizó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q} \quad (1)$$

Donde:

n = tamaño de la muestra = 171 personas

N = total de la población = 14,461

1. **Z α** = 1.645 al cuadrado (si la seguridad es del 90%)
2. **p** = proporción esperada (en este caso 20% = 0.20)
3. **q** = 1 - p (en este caso 1-0.20) = 0.80
4. **d** = margen o precisión (5% = 0.05)

$$n = \frac{14461 * (1.645)^2 * 0.20 * 0.80}{(0.05^2 * 14461 - 1) + (1.645^2 * 0.20 * 0.80)} \quad (1.1)$$

$$n = \frac{14461 * 2.7060 * 0.16}{(0.0025 * 14460) + (2.7060 * 0.16)} \quad (1.2)$$

$$n = \frac{6261.03456}{36.15 + 0.43296} \quad (1.3)$$

$$n = \frac{6261.03456}{36.58296} \tag{1.4}$$

$$n = 171 \tag{1.5}$$

Variables

Se consideraron las siguientes:

1. Investigación histórica: establecimiento de antecedentes de estudios previos similares a esta investigación.
2. Análisis de satisfacción: profundización en el factor del impacto que dio origen a la problemática de insatisfacción del servicio de transporte y mostrar recomendaciones que logren la seguridad, el compromiso, la comodidad y la puntualidad del usuario y la eficiencia de los Metrotaxis en su integración al sistema actual de transporte masivo.
3. Inversiones y adecuaciones del servicio: se determinó el umbral externo e interno de mayor impacto en la problemática de insatisfacción del servicio de transporte de los taxis al usuario en Panamá.
4. Alternativa de transporte: se realizó una investigación de las posturas del transportista y del usuario ante el servicio de transporte público selectivo brindado.
5. Adecuaciones y capacidad de operación: se evaluó la situación actual de las piqueras de taxis; área de administración, operaciones de servicio y flota de taxis a detalles.

Tabla 3
Recolección de datos

| Variables | Instrumentos |
|--|--------------|
| Investigación histórica | Observación |
| Análisis de satisfacción y alternativa de transporte | Encuesta |
| Adecuaciones del servicio y capacidad de operación | Observación |

Instrumento de investigación

Tendiendo claro los objetivos y así obtener mejores resultados, se utilizaron como herramientas el ordenador y programas especializados de acuerdo con la variable en particular de recolección de datos que fue requerido. Conforme con la naturaleza de los datos recopilados, se emplearon tanto instrumentos de investigación cuantitativos como cualitativos.

Con el objetivo de medir variables y analizar tendencias, se hizo uso del cuestionario para poder llevar a cabo encuestas y así, posteriormente evaluar las preguntas para asegurar su confiabilidad. Inicialmente para el caso de las encuestas se hizo mediante codificación, y, para el caso de los resultados cuantitativos, mediante la tabulación (Parra, 2023).

Del mismo modo sobre las adecuaciones del servicio y capacidad de operación como propuesta para el ordenamiento operativo, la observación directa tuvo lugar en donde operará el servicio la cual fue un método útil para identificar ineficiencias o cuellos de botella. Se observó cómo se desarrollaban las actividades diarias dentro del servicio lo cual permitió identificar los problemas operativos como las demoras, recursos mal utilizados y procesos redundantes.

Tras someter los instrumentos de cotejo a la consulta, a juicio de los expertos, reunió dos criterios de calidad, tanto la validez como en la fiabilidad. Frecuentemente, la validez de contenido se determinó en dos contextos principales. Uno de ellos se relacionó con el diseño de la prueba, mientras que el otro concernió a la validación de un instrumento que ha sido sometido a procesos de traducción y estandarización, con el propósito de adecuarlo a distintos significados culturales (Robles, 2015). La validación de los instrumentos por parte de los expertos se basó en el informe del Plan Integral de Movilidad Urbana Sostenible (PIMUS), ajustado específicamente a esta investigación, que en su momento se centraba en el transporte público selectivo tipo taxi sin embargo, el proyecto no fue implementado. Panel de expertos que era compuesto por la empresa Metro de Panamá S.A., la Autoridad del Tránsito y del Transporte Terrestre, del Municipio de Panamá y del grupo consultor (Cal y Mayor Asociados – IBI Group).

1. Fuentes primarias: se utilizaron técnicas, a parte de la encuesta en profundidad, también las observaciones participantes y no participantes. Esto permitió conocer la información proporcionada por parte de los usuarios del sistema de transporte público selectivo tipo taxi, obteniendo valiosa información con estos datos (Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, 2022) así como también observar de manera directa cómo opera y se lleva a cabo el servicio. Observaciones sobre aspectos operativos, eficiencia, interacción con los usuarios, y otros factores relevantes.
2. Fuentes secundarias: los datos secundarios se obtuvieron mediante revistas, libros, bases de datos demográficas, sitios web y artículos relacionados con el tema de la movilidad urbana del área metropolitana de Panamá (Manrique, 2004).

Resultados

En el presente la plataforma no pretende competir directamente con las casas comerciales y privadas ya conocidas, sino procura integrar aún más, un sistema bajo el mismo paraguas de pago único en común. La elección de un modelo de transporte adecuado requirió la evaluación de varios aspectos, como: la escala del entorno de la formulación de las políticas, el problema que se trató, el grado de precisión y nivel de detalle, ya sea el espacial y el analítico de los resultados que se esperaron, la disponibilidad de datos y los recursos que estuvieron disponibles para su propio desarrollo.

Encuesta de satisfacción y análisis de datos

Con respecto al análisis de satisfacción y alternativa de transporte, los datos se procesaron y analizaron de dos formas:

1. Procesamiento de datos: para el caso de los resultados cuantitativos se hizo mediante la tabulación y seguidamente se emplearon los cuadros estadísticos.
2. Análisis de datos: el proceso de investigación sobre el plan integral de movilidad urbana al sistema actual de transporte masivo se desarrolló utilizando un enfoque mixto. Se utilizó un enfoque cualitativo para descubrir y refinar las preguntas de investigación, mientras que el enfoque cuantitativo se utilizó para recolectar y analizar datos y responder a las preguntas de investigación y probar las hipótesis previas (Sampieri, 2003), confiando en la extracción de las conclusiones y los significados de los datos no estructurados

y heterogéneos que no se extraigan de forma cuantificable o numérica para así, establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población. La reproducción de una gran cantidad de fuentes de datos, de distinta proveniencia y formatos hacen que sea muy frecuente tener que, en esta investigación, analizar datos cualitativos mediante técnicas y herramientas especiales como la observación y encuestas. Para facilitar el análisis estadístico, las preguntas fueron cerradas. Se contó con un software que facilitó la labor a la hora de analizar los datos masivos y de fuentes heterogéneas en formato digital como lo es la herramienta en Internet de SurveyMonkey. Esta herramienta permitió extraer de forma viable, patrones de datos que pudieron contestar a las preguntas de nuestros análisis.

Los datos obtenidos se agruparon, clasificaron, y organizaron en tablas y estadísticas que mostraron los resultados con el fin de facilitar el análisis, incluyendo notas breves sobre el hallazgo. Con las encuestas, se realizaron los análisis de las posturas del transportista y del usuario ante el servicio de transporte público selectivo brindado.

Pregunta 1

¿Cuántas rutas diferentes de transporte público, ya sea selectivo y/o colectivo utiliza al día para desplazarse por la ciudad?

Tabla 4

Diferentes rutas de transporte público, ya sea selectivo y/o colectivos utilizados al día para desplazarse por la ciudad

| Respuestas | Selección | Porcentaje |
|--------------|------------|------------|
| Uno | 57 | 33% |
| Dos | 87 | 51% |
| Tres | 16 | 9% |
| Más de tres | 11 | 6% |
| Total | 171 | |

Hallazgos y análisis de datos: la mayoría votó que utiliza aproximadamente dos rutas al día, entre ida y vuelta, incluyendo el trasbordo.

Pregunta 2

Aproximadamente, ¿cuánto tiempo le toma de viaje en desplazarse en las unidades del transporte público selectivo al día?

Tabla 5

Tiempo de viaje en las unidades del transporte público selectivo para desplazarse al día

| Respuestas | Selección | Porcentaje |
|-------------------|------------|------------|
| Menos de una hora | 44 | 26% |
| Una hora | 91 | 53% |
| Dos horas | 25 | 15% |
| Tres horas | 11 | 6% |
| Más de tres horas | 0 | 0% |
| Total | 171 | |

Hallazgos y análisis de datos: podemos observar que las personas pueden tomar horas en el transporte público selectivo y es por esta razón que se debe mejorar para que las personas lleguen más rápido a sus destinos.

Pregunta 3

¿Ha utilizado alguna aplicación móvil para uso del transporte público selectivo?

Tabla 6

Utilización de aplicación móvil para uso de transporte público selectivo

| Respuestas | Selección | Porcentaje |
|--------------|------------|------------|
| Si | 13 | 8% |
| No | 158 | 92% |
| Total | 171 | |

Hallazgos y análisis de datos: la pregunta estuvo muy holgada sobre si usan o no aplicaciones para el transporte público, pero en donde el NO con el 92% es decir, las personas no descargan aplicaciones en el móvil debido a que todas las que están, son malas y/o deficientes.

Pregunta 4

¿Qué calificación le asignaría usted al sistema de transporte público selectivo de la ciudad? dónde el 1 representa el puntaje más bajo y 5 el más alto.

Tabla 7

Calificación que le asignaría al sistema de transporte público selectivo de la ciudad

| Respuestas | Selección | Porcentaje |
|--------------|------------|------------|
| 1 | 101 | 59% |
| 2 | 23 | 13% |
| 3 | 25 | 15% |
| 4 | 13 | 8% |
| 5 | 9 | 5% |
| Media | 1.9 | |
| Total | 171 | |

Hallazgos y análisis de datos: en la pregunta se quiere saber cómo las personas que utilizan el transporte público selectivo califican el sistema lo cual gana un 1.9 lo que quiere decir lo deficiente que es.

Pregunta 5

¿Qué aspectos considera usted, son los más importantes para la prestación de un servicio de transporte público selectivo en la ciudad de Panamá?

Tabla 8

Aspectos considerados los más importantes para la prestación del servicio de transporte público selectivo en la ciudad

| Respuestas | Selección | Porcentaje |
|--------------|------------|------------|
| Seguridad | 122 | 71% |
| Puntualidad | 43 | 25% |
| Limpieza | 2 | 1% |
| Costo | 4 | 2% |
| Total | 171 | |

Hallazgos y análisis de datos: las personas lo que más valorarían del transporte es la seguridad ya sea por menos robos o por las mujeres que se sentirían más seguras cuando van en un transporte público selectivo. En segundo lugar, es la puntualidad, es decir, el tiempo en el que llega o el tiempo en el que lleguemos a nuestro lugar de destino. En tercer y cuarto lugar la limpieza es sumamente importante ahora en tiempos de pandemia, al igual que el precio que estemos pagando sea justo por el servicio que da el transporte.

Pregunta 6

¿Estaría usted dispuesto a instalar una aplicación en su celular que le ayude a utilizar mejor el transporte público selectivo en la ciudad, donde pueda optimizar tiempo y dinero?

Tabla 9

Disposición por instalar aplicación en el teléfono móvil que ayude a la mejor utilización del transporte público selectivo en la ciudad, donde se pueda optimizar tiempo y dinero

| Respuestas | Selección | Porcentaje |
|--------------|------------|------------|
| Si | 125 | 73% |
| No | 46 | 27% |
| Total | 171 | |

Hallazgos y análisis de datos: las personas si están dispuestas a descargar una aplicación en su celular siempre y cuando ésta sea buena y eficiente, ganando el SI con un 73%.

Pregunta 7

¿Qué aspecto considera usted como el más importante que debe incluir una aplicación móvil, enfocado en el transporte público selectivo de la ciudad?

Tabla 10

Aspecto para considerar como la más relevante que debe incluir la aplicación móvil dirigida al transporte público selectivo de la ciudad

| Respuestas | Selección | Porcentaje |
|--------------|------------|------------|
| Rutas | 35 | 20% |
| Horarios | 112 | 65% |
| Ubicación | 7 | 4% |
| Pasaje | 17 | 10% |
| Total | 171 | |

Hallazgos y análisis de datos: de nuevo podemos ver como los horarios son tan importantes para las personas por ejemplo el Metro nos dice que tiempo llegará el próximo vagón, pero para los taxis es inexistente. Las rutas y el pasaje tomaron en cuenta también importante. Como todos mis encuestados son panameños y viven en la ciudad capital o San Miguelito, la ubicación no la toman tan importante, pero para un turista si lo es y es por eso por lo que no fue tomado en cuenta en esta encuesta.

Pregunta 8

De donde usted vive, ¿qué tan eficiente es el transporte público selectivo?

Tabla 11

Eficiencia del transporte público selectivo

| Respuestas | Selección | Porcentaje |
|--------------|------------|------------|
| Excelente | 7 | 4% |
| Bueno | 56 | 33% |
| Neutral | 88 | 51% |
| Malo | 15 | 9% |
| Malísimo | 5 | 3% |
| Total | 171 | |

Hallazgos y análisis de datos: en esta pregunta mi inquietante es que tan bueno es el transporte y gana así el neutral con un 51% y con un 9% malo lo cual es una buena noticia, ya que no para muchas personas la eficiencia del transporte es pésimo o inaccesible, y que para la mayoría es bastante bueno.

Pregunta 9

¿Por qué motivo usted utiliza el transporte público selectivo?

Tabla 12

Motivo por la cual es utilizado el transporte público selectivo

| Respuestas | Selección | Porcentaje |
|--------------|------------|------------|
| Trabajo | 96 | 56% |
| Estudios | 57 | 33% |
| Ocio | 14 | 8% |
| Otro | 4 | 2% |
| Total | 171 | |

Hallazgos y análisis de datos: la mayoría utiliza el transporte para trasladarse al lugar de trabajo con un 56%. Las demás son los estudios y esparcimiento (ocio) entre las más votadas.

Pregunta 10

¿Se ha sentido usted satisfecho con el transporte público selectivo?

Tabla 13

Nivel de satisfacción con el uso del transporte público selectivo

| Respuestas | Selección | Porcentaje |
|--------------|------------|------------|
| Si | 20 | 12% |
| No | 151 | 88% |
| Total | 171 | |

Hallazgos y análisis de datos: como última pregunta quería saber si estaban satisfechos con el transporte público selectivo y por un amplio margen gana que NO están satisfechos con el transporte.

Aplicación móvil

En términos de accesibilidad, la ciudad de Panamá está llevando a cabo un considerable esfuerzo para fortalecer su sistema de transporte público, logrando destacarse con resultados positivos en comparación con otras áreas de la región centroamericana. Aunque aún hay mucho trabajo por realizar, la iniciativa de digitalizar

la red de transporte es un paso importante. Esto permitirá a los usuarios tener acceso en tiempo real a la llegada de los Metrotaxis, conocer la ubicación de las paradas cercanas y planificar sus viajes con información detallada de las rutas, entre otras comodidades.

La implementación de la aplicación del MetroTaxi es un proyecto integrado en la política de "datos abiertos". En otras palabras, se trata de una herramienta diseñada con información fiable obtenida directamente del sistema de transporte. Los usuarios pueden acceder a esta aplicación de manera directa o mediante un registro fácil a través de su correo electrónico, cuenta de Google o perfil en la red social Facebook (Alcalde, 2014).

El funcionamiento de la aplicación del MetroTaxi es similar al de muchas otras aplicaciones de servicios privados disponibles en el mercado. El usuario ingresa la dirección, solicita el taxi y espera a que el taxista más cercano acepte el recorrido, para luego encontrarse y comenzar el trayecto.

La aplicación actual tiene como objetivo abordar varios de los problemas clave asociados con tomar un taxi, siendo la seguridad el principal de ellos. Con esta aplicación, se tiene la certeza de conocer la identidad del conductor que nos transportará (Trujillo, 2013).

Al igual que en muchos países, la aplicación cuenta con un botón de emergencia, ubicado en la parte superior derecha de la interfaz, con el objetivo principal de mejorar las condiciones de seguridad para los ocupantes. Este botón de emergencia consiste en una sirena siempre visible. Cuando se presiona, ya sea por el conductor o el usuario, se notifica la posición de la unidad de transporte a las autoridades correspondientes mediante el sistema GPS. En caso de que se demuestre que el botón fue presionado intencionalmente y no por error, ya sea por el usuario o el conductor, se aplicarán sanciones.

Dado que las aplicaciones existentes carecen de un control y acompañamiento por parte de la autoridad de tránsito, y considerando su potencial utilidad para la planificación y el control, se presenta a continuación un análisis que aborda las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas de la aplicación.

Tabla 14
Análisis DOFA de la aplicación

| Debilidades | Oportunidades |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Las aplicaciones no monitorean que los taxistas, por evitar el tranque no acepten carreras, lo cual no mejora la situación actual de acceso al servicio en horas pico. • Las aplicaciones no monitorean que los taxistas cumplan con estar "no disponibles" mientras que están prestando un servicio. • El uso de las aplicaciones mientras el taxista maneja genera riesgo de accidente. • Depende mucho de la tecnología del teléfono móvil inteligente. | <ul style="list-style-type: none"> • Generación de información sobre los puntos de generación y atracción de viajes. • Monitoreo de demanda en tiempo real para optimizar la oferta de taxis. • Disminución de tiempo de respuesta a solicitudes de servicio. • Las zonas especiales constituyen un área de alta demanda en las horas pico. • Integración del transporte selectivo con otros medios de transporte. • Las aplicaciones tienen la posibilidad de asignar de forma obligatoria las carreras a la unidad vehicular de acuerdo con su estado de disponibilidad y posición geográfica. • Se genera información en la nube que puede ser usada para procesos de planeación y desarrollo urbano. |
| Fortalezas | Amenazas |
| <ul style="list-style-type: none"> • Es más rápido pedir los taxis por aplicación que por radioteléfono. • Elimina intermediarios en el mercado de oferta de taxis y demanda de viajes. Esto puede representar reducción de algunos costos de la operación. Este ahorro podría ser utilizado en mejorar otros aspectos del servicio. | <ul style="list-style-type: none"> • El no tener radio teléfono (aquel taxista que sólo trabaja con aplicaciones) puede implicar mayor inseguridad para el taxista ya que las redes de apoyo muchas veces se disparan por este canal. • El manejo de la información que suministra el pasajero puede ser utilizada por taxistas luego de la carrera para amenazar a la persona. |

- Permite mayor monitoreo de la localización de cada unidad.
 - Es más seguro pedir un taxi por una aplicación que tomarlo en la calle.
-

Según los últimos reportes del Instituto Nacional de Estadística y Censo de la Contraloría General de la República de Panamá detallan que en los últimos cinco años la cantidad de celulares activos en el país pasó de 5.141.768 a 5.709.163 (Instituto Nacional de Estadística y Censo, 2020).

A medida que más personas lidian con diversas demandas, es en donde recurren a sus teléfonos inteligentes para realizar varias tareas entre ellas, la movilidad segura de un sitio a otro. En base a esto, podemos concluir que la demanda de utilizar el transporte público selectivo a través de un único medio digital no sería una limitante y pudiera hasta aumentar por la seguridad que representaría para el usuario y la confianza de conocer de antemano el cobro de la tarifa.

Si bien es cierto que para solicitar una unidad del MetroTaxi no requiere más que utilizar la aplicación móvil, el cobro del MetroTaxi estaría acoplado a la tarjeta única del sistema integrado actual que incluye también tanto el Metro de Panamá como el MetroBus. El usuario requeriría registrar en la aplicación, su tarjeta del sistema integrado de transporte bajo un número de identificación único.

Por último, la aplicación proporcionará la ruta que la unidad del MetroTaxi seguirá para que el usuario pueda verlo en nuestro teléfono móvil inteligente. Además, no habrá cargos extras por los taxis que nos quieran llevar por la ruta más larga para cobrarnos más.

Estará en funcionamiento por ahora en la Ciudad de Panamá y el distrito de San Miguelito, aunque los planes de expansión consideran a otras ciudades a medida que se va desarrollando en las diferentes áreas, el acceso tanto del Metro de Panamá como del MetroBus.

Tarjetas y su función con el sistema del MetroTaxi

Al igual que el Metro de Panamá y el MetroBus, el sistema de cobro del MetroTaxi será operada por una empresa que, aparte de integrar ambos sistemas, también tenga la experiencia en la implementación de estos tipos de sistemas, que en el caso del sistema de transporte público la cual incluye entre otros:

1. Áreas designadas como patios o piqueras estarán equipadas con Concentradores para la descarga automática de transacciones y validadores de saldo. Estos elementos contribuirán a agilizar el proceso para los usuarios al recargar sus tarjetas de MetroTaxi, así como para acceder a los servicios del Metro de Panamá y Metro Bus.
2. Se establecerá una red de comunicaciones para facilitar la transferencia de transacciones desde los concentradores u ordenadores hasta los equipos instalados con los sistemas centrales de Clearing. Esto implica la creación de un sistema diseñado para que, cuando las transacciones lleguen a los terminales equipados con un concentrador (computadora), ya sea a través de conexión inalámbrica o por cable, se realice la descarga automática de las transacciones correspondientes. Este flujo de operaciones tiene como objetivo principal asegurar la continuidad eficiente del proceso de cobro.
3. Capacidad diaria de procesamiento de transacciones para uso y carga.

4. Se implementarán antenas seguras distribuidas en redes comerciales, facilitando así la recarga de las tarjetas del sistema integrado de transporte público.
5. Se proporcionará a los usuarios del sistema de transporte acceso web para consultar movimientos y recargar su tarjeta del sistema integrado de transporte público.

Con la implementación del MetroTaxi, se busca una vez más integrar el sistema con una tarjeta única. Tarjeta que tendrá los mismos beneficios especiales y denominación es en lo que se refiere personas jubiladas, tercera edad, pensionados y discapacitados, y estudiantes.

Figura 2

Propuesta de la tarjeta de sistema integrado de transporte público



Tarifas

La propuesta recomienda implantar la integración tarifaria y operacional entre los sistemas de Metro, MetroBus y Metrotaxis. Desde el punto de vista tarifario, se seguirá empleando una misma tarjeta para el pago de ambos sistemas, pero los usuarios pagarán una fracción de las tarifas individuales si combinan servicios y/o sistemas. Esta integración tarifaria entra a funcionar simultáneamente con los Metrotaxis. Para esto se debe garantizar el adecuado funcionamiento del sistema de recaudo incluyendo las tarjetas, puntos de recarga y demás.

Las tarifas actuales de los taxis se manejan de acuerdo con la división zonal y sectorial que existe en la Ciudad de Panamá y el Distrito de San Miguelito. Teniendo en cuenta que \$1 Dólar Americano equivale a B/.1 Balboa panameño.

Tabla 15
Tarifa entre Zonas

| | Zona 1 | Zona 2 | Zona 3 | Zona 4 | Zona 5 | Zona 6 | Zona 7 |
|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Zona 1 | B/. 1.20 | B/. 1.60 | B/. 2.00 | B/. 2.40 | B/. 2.80 | B/. 3.20 | B/. 3.60 |
| Zona 2 | B/. 1.60 | B/. 1.20 | B/. 1.60 | B/. 2.00 | B/. 2.40 | B/. 2.80 | B/. 3.20 |
| Zona 3 | B/. 2.00 | B/. 1.60 | B/. 1.20 | B/. 1.60 | B/. 2.00 | B/. 2.40 | B/. 2.80 |
| Zona 4 | B/. 2.40 | B/. 2.00 | B/. 1.60 | B/. 1.20 | B/. 1.60 | B/. 2.00 | B/. 2.40 |
| Zona 5 | B/. 2.80 | B/. 2.40 | B/. 2.00 | B/. 1.60 | B/. 1.20 | B/. 1.60 | B/. 2.00 |
| Zona 6 | B/. 3.20 | B/. 2.80 | B/. 2.40 | B/. 2.00 | B/. 1.60 | B/. 1.20 | B/. 1.60 |
| Zona 7 | B/. 3.60 | B/. 3.20 | B/. 2.80 | B/. 2.40 | B/. 2.00 | B/. 1.60 | B/. 1.20 |

Nota. Adaptado de Autoridad del Tránsito y Transporte Terrestre de Panamá. (<https://www.transito.gob.pa>).

Tabla 16
Tarifa sector Sur

| | Sector A | Sector B | Sector C | Sector E | Sector F | Sector G | Sector H | Sector I | Sector J | Sector K |
|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Sector A | 1.20 - 1.80 | B/. 1.80 | B/. 2.10 | B/. 3.65 | B/. 3.95 | B/. 4.25 | B/. 4.55 | B/. 4.85 | B/. 8.20 | B/. 8.50 |
| Sector B | B/. 1.80 | 1.20 - 1.80 | B/. 1.80 | B/. 3.35 | B/. 3.65 | B/. 3.95 | B/. 4.25 | B/. 4.25 | B/. 7.90 | B/. 8.30 |
| Sector C | B/. 2.10 | B/. 1.80 | 1.20 - 1.80 | B/. 1.80 | B/. 2.40 | B/. 3.65 | B/. 3.95 | B/. 3.65 | B/. 7.55 | B/. 7.90 |
| Sector E | B/. 3.65 | B/. 3.35 | B/. 1.80 | 1.20 - 1.80 | B/. 1.80 | B/. 2.10 | B/. 3.65 | B/. 3.65 | B/. 6.05 | B/. 6.35 |
| Sector F | B/. 3.95 | B/. 3.65 | B/. 2.40 | B/. 1.80 | 1.20 - 1.80 | B/. 1.80 | B/. 3.35 | B/. 3.35 | B/. 5.75 | B/. 6.05 |
| Sector G | B/. 4.25 | B/. 3.95 | B/. 3.65 | B/. 2.10 | B/. 1.80 | 1.20 - 1.80 | B/. 2.40 | B/. 3.65 | B/. 5.45 | B/. 5.75 |
| Sector H | B/. 4.55 | B/. 4.25 | B/. 3.95 | B/. 3.65 | B/. 3.35 | B/. 2.40 | 1.20 - 1.80 | B/. 3.65 | B/. 5.15 | B/. 5.45 |
| Sector I | B/. 4.85 | B/. 4.25 | B/. 3.65 | B/. 3.65 | B/. 3.35 | B/. 3.65 | B/. 3.65 | 1.20 - 1.80 | B/. 6.05 | B/. 6.35 |
| Sector J | B/. 8.20 | B/. 7.90 | B/. 7.55 | B/. 6.06 | B/. 5.75 | B/. 5.45 | B/. 5.15 | B/. 6.05 | 1.20 - 2.40 | B/. 1.80 |
| Sector K | B/. 8.50 | B/. 8.20 | B/. 7.90 | B/. 6.35 | B/. 6.05 | B/. 5.75 | B/. 5.45 | B/. 6.35 | B/. 1.80 | 1.20 - 2.40 |

Nota. Adaptado de Autoridad del Tránsito y Transporte Terrestre de Panamá. (<https://www.transito.gob.pa>).

Tabla 17
Tarifa sector Norte

| | Sector A | Sector B | Sector C | Sector D | Sector E | Sector F | Sector H | Sector I | Sector J | Sector L |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Sector A | 1.20 - 1.80 | B/. 1.80 | B/. 2.10 | B/. 3.65 | B/. 3.95 | B/. 4.25 | B/. 5.75 | B/. 7.85 | B/. 8.45 | B/. 12.40 |
| Sector B | B/. 1.80 | 1.20 - 1.80 | B/. 1.65 | B/. 2.05 | B/. 2.50 | B/. 2.50 | B/. 2.90 | B/. 4.85 | B/. 7.25 | B/. 10.90 |
| Sector C | B/. 2.10 | B/. 1.65 | 1.20 - 1.80 | B/. 2.40 | B/. 2.70 | B/. 2.70 | B/. 3.15 | B/. 4.55 | B/. 6.05 | B/. 9.70 |
| Sector D | B/. 3.65 | B/. 2.05 | B/. 2.40 | 1.20 - 1.80 | B/. 1.80 | B/. 1.80 | B/. 2.10 | B/. 3.35 | B/. 5.45 | B/. 9.10 |
| Sector E | B/. 3.95 | B/. 2.50 | B/. 2.70 | B/. 1.80 | 1.20 - 1.80 | B/. 2.10 | B/. 1.65 | B/. 2.40 | B/. 4.85 | B/. 8.45 |
| Sector F | B/. 4.25 | B/. 2.50 | B/. 2.70 | B/. 1.80 | B/. 2.10 | 1.20 - 1.80 | B/. 2.40 | B/. 3.05 | B/. 5.45 | B/. 7.85 |
| Sector H | B/. 5.75 | B/. 2.90 | B/. 3.15 | B/. 2.10 | B/. 1.65 | B/. 2.40 | 1.20 - 2.40 | B/. 2.40 | B/. 4.25 | B/. 7.25 |
| Sector I | B/. 7.85 | B/. 4.85 | B/. 4.55 | B/. 3.35 | B/. 2.40 | B/. 3.05 | B/. 2.40 | 1.20 - 3.00 | B/. 3.05 | B/. 4.85 |
| Sector J | B/. 8.45 | B/. 7.25 | B/. 6.05 | B/. 5.45 | B/. 4.85 | B/. 5.45 | B/. 4.25 | B/. 3.05 | 1.20 - 3.00 | B/. 3.65 |
| Sector L | B/. 12.10 | B/. 10.90 | B/. 9.70 | B/. 9.10 | B/. 8.45 | B/. 7.85 | B/. 7.25 | B/. 4.85 | B/. 3.65 | 1.20 - 3.00 |

Nota. Adaptado de Autoridad del Tránsito y Transporte Terrestre de Panamá. (<https://www.transito.gob.pa>).

Tabla 18
Tarifa entre Sectores y Zonas

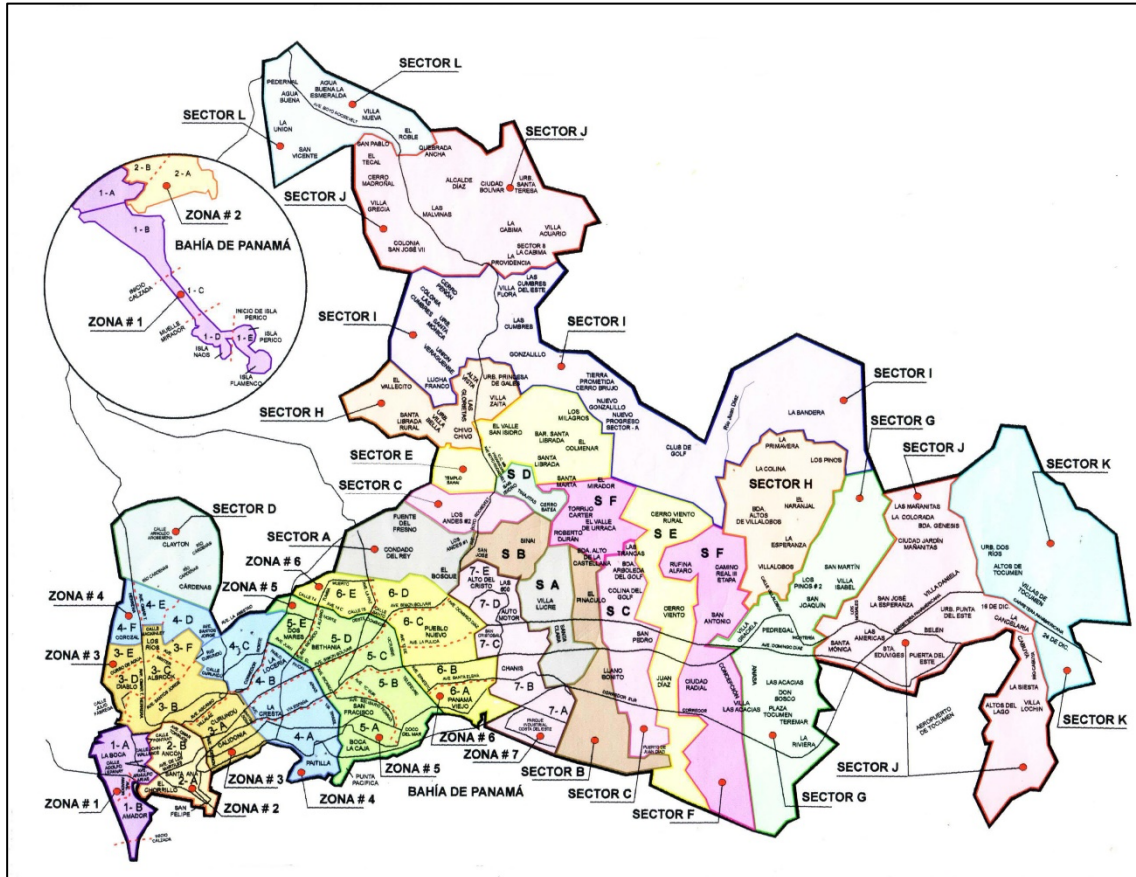
| | Sector A | Sector B | Sector C | Sector D | Sector E | Sector F | Sector G | Sector H | Sector I | Sector J | Sector K | Sector L |
|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| Zona 1 | B/. 4.60 | B/. 4.90 | B/. 5.20 | B/. 5.80 | B/. 6.70 | B/. 7.00 | B/. 7.30 | B/. 7.60 | B/. 9.15 | B/. 11.25 | B/. 13.65 | B/. 16.40 |
| Zona 2 | B/. 4.20 | B/. 4.50 | B/. 4.80 | B/. 5.40 | B/. 6.30 | B/. 6.60 | B/. 6.90 | B/. 7.20 | B/. 8.70 | B/. 10.85 | B/. 13.25 | B/. 16.00 |
| Zona 3 | B/. 3.75 | B/. 4.05 | B/. 4.35 | B/. 4.95 | B/. 5.85 | B/. 6.15 | B/. 6.45 | B/. 6.80 | B/. 8.30 | B/. 10.40 | B/. 12.85 | B/. 15.55 |
| Zona 4 | B/. 3.35 | B/. 3.65 | B/. 3.95 | B/. 4.55 | B/. 5.45 | B/. 5.75 | B/. 6.05 | B/. 6.35 | B/. 7.85 | B/. 10.00 | B/. 12.40 | B/. 15.10 |
| Zona 5 | B/. 2.90 | B/. 3.20 | B/. 3.50 | B/. 4.10 | B/. 5.00 | B/. 5.30 | B/. 5.65 | B/. 5.95 | B/. 7.45 | B/. 9.55 | B/. 12.00 | B/. 14.70 |
| Zona 6 | B/. 2.50 | B/. 2.80 | B/. 3.10 | B/. 3.70 | B/. 4.60 | B/. 4.90 | B/. 5.20 | B/. 5.50 | B/. 7.00 | B/. 9.15 | B/. 11.55 | B/. 14.30 |
| Zona 7 | B/. 2.05 | B/. 2.35 | B/. 2.65 | B/. 3.30 | B/. 4.15 | B/. 4.50 | B/. 4.80 | B/. 5.10 | B/. 6.60 | B/. 8.70 | B/. 11.10 | B/. 13.85 |

Nota. Adaptado de Autoridad del Tránsito y Transporte Terrestre de Panamá. (<https://www.transito.gob.pa>).

Con el objetivo de garantizar la rentabilidad del servicio, se seguirá un enfoque de gestión que se alinee con la división zonal y sectorial presente en la Ciudad de Panamá y el Distrito de San Miguelito. La determinación del precio se basará en el volumen de tráfico y la hora del día, lo que implica que la tarifa será variable según la disponibilidad de conductores de Metrotaxis en ese momento. Al igual que en la aplicación móvil, los usuarios también podrán consultar las tarifas a través de la web en cualquier sector donde operen los Metrotaxis. Estas tarifas se ajustarán de manera estratégica para satisfacer las necesidades de la población y competir eficazmente con las plataformas existentes en el mercado.

Figura 3

Zonas de la Ciudad de Panamá y el distrito de San Miguelito



Nota. Adaptado de Autoridad del Tránsito y Transporte Terrestre de Panamá. (<https://www.transito.gob.pa>).

Patios para la operación: Zonas Pagas

Para efectos prácticos, se utilizará la misma ubicación de las Zonas Pagas actuales del MetroBus dentro de la Ciudad de Panamá y el Distrito de San Miguelito.

Figura 4
Ubicaciones actuales de Zonas Pagas



Nota. Adaptado de Ubicaciones actuales de Zonas Pagas, Google Maps.

Las Zonas Pagas actuales del MetroBus adecuarlos para los Metro taxis en donde se utilizarán de igual forma como paraderos en los que el pasajero formaría una fila dedicada para abordar el Metro Taxi. Los mismos mantendrían el acondicionamiento con modernas instalaciones para la operación y el mantenimiento integral de los vehículos con la más alta tecnología para una operación eficiente y segura de la flota.

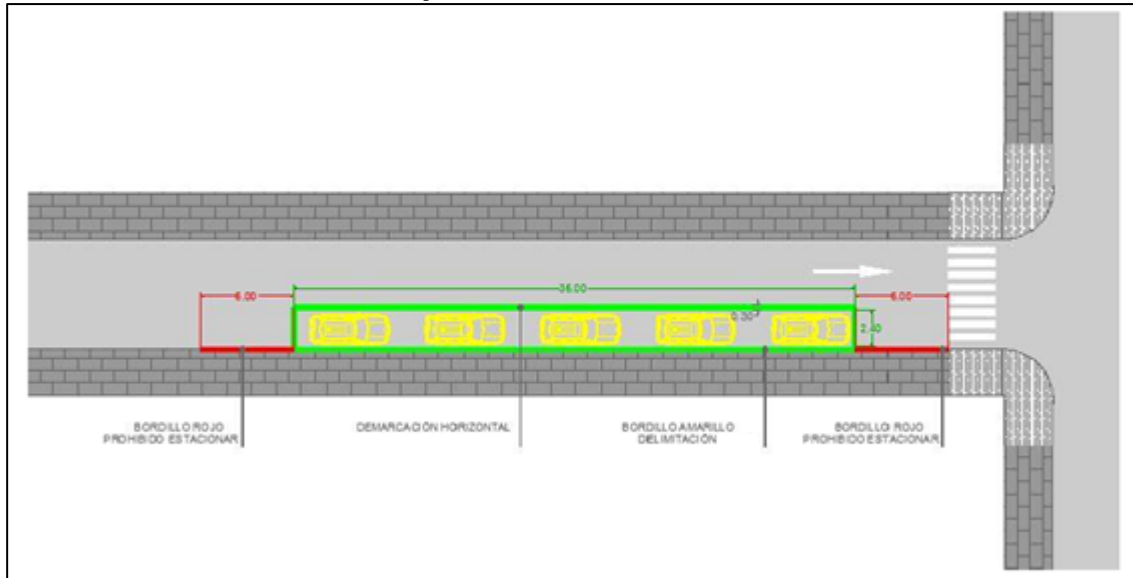
Además de las Zonas Pagas, las Zonas Especiales también serán áreas designadas en la vía pública, pudiendo ubicarse tanto en la calzada vehicular como en bahías existentes. Estas áreas estarán delimitadas con espacios de estacionamiento provisionales destinados a los vehículos de transporte de pasajeros de tipo individual, conocidos como "taxis". En estas zonas, previa autorización del organismo de tránsito del área metropolitana de Panamá, los taxis podrán estacionarse temporalmente mientras esperan ser solicitados, y el público podrá acudir para contratar sus servicios.

En el contexto de las zonas especiales, se contempla el acopio de vehículos, lo que implica la presencia física de Metro taxis en espera de demanda del servicio, ya sea en el sitio o mediante reservas. Cabe destacar que las zonas especiales estarán exclusivamente reservadas para el uso de Metro taxis.

Con el propósito de establecer directrices y detallar las funciones del sistema de zonas especiales, las siguientes secciones del presente documento presentan información detallada sobre los requisitos, características y condiciones de la red de zonas de estacionamiento para los Metro taxis.

Figura 5

Señalización horizontal zona especial en vía



Nota. Adaptado de *Metro de Panamá*, por Cal y Mayor y Asociados, 2016, Plan Integral de Movilidad Urbana Sustentable – PIMUS.

Estudio de caso

Se procedió al diseño preliminar de las zonas especiales a partir de una selección de un sector. Se eligió una región basada en la zona de influencia de las estaciones de la Línea 1 del metro, donde se identificaron piqueras no autorizadas que ocupaban un carril de la vía para esperar a los usuarios, lo que afectaba la movilidad en la zona de las estaciones. El sector escogido abarca la estación de Iglesia del Carmen y la estación de Vía Argentina, ambas ubicadas en la Ciudad de Panamá, según se muestra en la siguiente figura:

Figura 6
Zonas piloto



Nota. Adaptado de Ubicaciones actuales de Zonas Pagas, Google Maps.

Al finalizar la investigación, se obtuvieron los siguientes resultados:

1. Un plan de integración de los Metrotaxis al sistema actual de transporte masivo, para la disminución de la participación del transporte público selectivo a partir del entendimiento de los diferentes aspectos como la manera inteligente de reducción del consumo innecesario de hidrocarburos y la optimización de las rutas que logren la seguridad, puntualidad y comodidad del usuario.
2. Una plataforma que procure integrar aún más, un sistema bajo el mismo paraguas de pago único en común y por diferentes medios.
3. Una propuesta para el desarrollo de zonas especiales con sus debidas señalizaciones, en áreas de la vía pública demarcadas con cupos de estacionamiento provisionales para los vehículos de transporte de pasajeros de tipo taxi, que puedan ser demandados sus servicios a través de la aplicación móvil y donde también el público pueda acudir para la contratación de éstos.

Discusión y conclusiones

Se puede asumir el hecho de que las autoridades no han podido enfocar los problemas de manera correcta y, por lo tanto, no surgen soluciones adecuadas al problema del transporte público en especial, el selectivo.

Con la definición de las zonas especiales, se busca atacar la problemática de la ineficiencia en la prestación del servicio público selectivo, el uso inadecuado de la

infraestructura vial, la operación ineficiente del transporte público individual, el aumento en los costos de operación e inseguridad para conductores y pasajeros.

Un factor principal que pudiera contribuir a que los usuarios hagan uso eficiente del sistema integrado, está relacionado con el ítem del transbordo, desencadenado por varias razones: agilidad, movilidad por toda la ciudad con rapidez y finalmente el factor económico. El sistema actual de transporte requiere de una red alimentadora, la cual pueda transportar un gran volumen de usuarios desde sus comunidades hacia las vías principales y las estaciones del Metro de Panamá y la del MetroBus y viceversa, convirtiéndose en una rama de este último.

Según las encuestas, la problemática del sistema se enfoca en 3 puntos álgidos: frecuencia en las rutas, tiempo de movilidad y seguridad, desencadenando en el usuario desconfianza y temor.

Las normas de desarrollo actuales deben fomentar el desarrollo en torno a los sistemas de transporte integrados, incluidos los hogares y las empresas. Esta acción fortalecerá los componentes que constituyen el sistema de transporte integrado y facilitará el establecimiento de centros urbanos alejados del centro para reducir el flujo de personas diarias hacia los centros urbanos. Para frenar la proliferación de proyectos de desarrollo de función única, especialmente las llamadas "ciudades dormitorio" en áreas remotas, también se debe actuar al mismo tiempo, porque estos proyectos no son sostenibles ni compatibles con el desarrollo.

Referencias

- Alcalde, I. (2014). *Open Data: datos, transparencia y conocimiento abierto*.
<https://ignasialcalde.es/open-data-datos-transparencia-y-conocimiento-abierto/>
- Contraloría General de la República de Panamá. Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2013). *XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda*.
https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID_PUBLICACION=1199&ID_CATEGORIA=19&ID_SUBCATEGORIA=71
- Fonseca, Cecilia. La Prensa. (2012, septiembre 11). *CAF analiza los desafíos de la movilidad urbana en América Latina*.
https://www.prensa.com/cecilia_fonseca_s_-_elizabeth_garrido_a/CAF-desafios-movilidad-America-Latina_0_3477402226.html
- Fundación Universitaria Iberoamericana. FUNIBER. (2020). *Introducción a la gestión de proyectos*
- Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2020). *Teléfonos celulares activos en la República de Panamá, por tipo de servicios: años 2016-20*.
https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID_PUBLICACION=1077&ID_CATEGORIA=4&ID_SUBCATEGORIA=23
- Hernández, Katuska. La Prensa. (2023, diciembre 5). *Salario en Panamá aumentó apenas 1% en el último año*.
<https://www.prensa.com/economia/salario-promedio-en-panama-aumento-apenas-1-en-el-ultimo-ano/>
- Manrique, M. (2004). *Métodos de recolección de datos*.
<https://www.monografias.com/trabajos18/recoleccion-de-datos/recoleccion-de-datos.shtml>
- Metro de Panamá. Informe Final. (2015 – 2016). *Plan Integral de Movilidad Urbana Sustentable – PIMUS*. Cal y Mayor y Asociados

- Pardo, Carlos. (2009, febrero). *Los cambios en los sistemas integrados de transporte masivo en las principales ciudades de América Latina*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Santiago de Chile.
- Parra, A. (2023) ¿Qué es la recolección de datos y cómo realizarla? *Question Pro*. <https://www.questionpro.com/blog/es/recoleccion-de-datos-para-investigacion/>
- Robles Garrote, P. & Rojas, M. D. C. (2015). La validación por juicio de expertos: dos investigaciones cualitativas en Lingüística aplicada. *Revista Nebrija de Lingüística Aplicada*, 18.
- Sampieri Hernández, R.; Collado Fernández, C., & Lucio Baptista, P. (2003). *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill Interamericana.
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. (2022,). *Programa Sectorial de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sustentable 2022-2027*. Gobierno del Estado Libre y Soberano de Chihuahua
- Trujillo, Á.. (2013). Taxibeat, servicio de taxis desde tu Smartphone. *Xataka México* <https://www.xataka.com.mx/aplicaciones/taxibeat-servicio-de-taxis-desde-tu-smartphone>
- Vásquez, H. I. (2005). *Tipos de estudio y métodos de investigación*. <https://www.gestiopolis.com/tipos-estudio-metodos-investigacion/>
- Velásquez, Carmen. (2015). *Espacio público y movilidad urbana: Sistemas Integrados de Transporte Masivo (SITM)*. Universitat de Barcelona.

TENDENCIA MUNDIAL DE LAS METODOLOGÍAS DE GESTIÓN DE PROYECTOS GLOBAL TREND OF PROJECT MANAGEMENT METHODOLOGIES

Rosalba Nunziatina Letizia Milano¹

Universidad Internacional Iberoamericana, Venezuela

[letiziamilano80@hotmail.com] [<https://orcid.org/0009-0003-9341-4447>]

Angel Gabriel Kuc Castilla

Universidad Internacional Iberoamericana, México

[angel.kuc@unini.edu.mx] [<https://orcid.org/0000-0003-3447-3204>]

Información del manuscrito:

Recibido/Received: 14/09/2024

Revisado/Reviewed: 16/11/2024

Aceptado/Accepted: 04/01/2024

RESUMEN

Palabras clave:

gestión de proyectos, metodologías ágiles, metodologías híbridas, metodologías tradicionales

El presente estudio aborda la evolución y tendencias en las metodologías de gestión de proyectos a nivel global, destacando la importancia creciente de la gestión de proyectos en diversas industrias debido a la necesidad de adaptabilidad y eficiencia en el mundo empresarial. La investigación se basó en un análisis de 1805 documentos para ofrecer una visión integral de las prácticas y técnicas emergentes en este campo, enfocándose en metodologías ágiles, híbridas y tradicionales. La metodología de investigación empleada es no experimental, documental y transversal, utilizando análisis de datos secundarios y técnicas de investigación teóricas y empíricas para descomponer, analizar y sintetizar información. Se utilizó un enfoque integrado que combina el análisis teórico con técnicas empíricas como el análisis documental, empleando herramientas como Atlas.ti para la codificación y análisis de datos. Los resultados mostraron que las metodologías ágiles e híbridas son altamente efectivas y populares, particularmente en contextos que demandan alta flexibilidad y adaptación rápida a cambios. Metodologías tradicionales como Six Sigma y Waterfall se encontraron menos flexibles y con aplicabilidad limitada a contextos específicos. El estudio concluye subrayando la importancia de seleccionar metodologías de gestión de proyectos que se alineen con las necesidades específicas del proyecto y la organización, resaltando la tendencia hacia prácticas más flexibles y adaptativas en la gestión de proyectos moderna.

ABSTRACT

Keywords:

project management, agile methodologies, hybrid

This study addresses the evolution and trends in project management methodologies globally, emphasizing the increasing importance of project management across various industries due to the need for adaptability and efficiency in the business world. The research was based on an analysis of 1,085 documents to provide a

¹ Autor de correspondencia.

| | | |
|---------------------------------|-------------|---|
| methodologies, methodologies | traditional | comprehensive overview of emerging practices and techniques in this field, focusing on agile, hybrid, and traditional methodologies. The research methodology employed is non-experimental, documentary, and cross-sectional, using secondary data analysis and both theoretical and empirical research techniques to break down, analyze, and synthesize information. An integrated approach was used that combines theoretical analysis with empirical techniques such as documentary analysis, employing tools like Atlas.ti for data coding and analysis. The results showed that agile and hybrid methodologies are highly effective and popular, particularly in contexts that require high flexibility and rapid adaptation to changes. Traditional methodologies such as Six Sigma and Waterfall were found to be less flexible and with limited applicability to specific contexts. The study concludes by emphasizing the importance of selecting project management methodologies that align with the specific needs of the project and the organization, highlighting the trend toward more flexible and adaptive practices in modern project management. |
|---------------------------------|-------------|---|

Introducción

En un mundo empresarial que se transforma de manera constante, la gestión de proyectos ha surgido como una disciplina esencial en un abanico amplio de industrias, donde la adaptabilidad y eficiencia son fundamentales para el éxito de los proyectos. Este estudio se adentra en las tendencias más actuales en las metodologías de gestión de proyectos, destacando cómo las innovaciones en este campo están rediseñando la forma en que las organizaciones abordan la planificación y ejecución de proyectos a nivel global. Al analizar exhaustivamente 1085 documentos, se aspira ofrecer una visión completa de las prácticas más efectivas y las técnicas emergentes en la gestión de proyectos.

A medida que avanzamos en la era de la información y la tecnología, las metodologías de gestión de proyectos enfrentan el desafío de mantenerse al día con los cambios tecnológicos rápidos y las crecientes demandas de flexibilidad y eficiencia por parte de las organizaciones y sus clientes. Este artículo examina cómo las técnicas ágiles, híbridas y tradicionales se adaptan y transforman en respuesta a las necesidades del entorno global, y qué implicaciones tienen para el futuro de la gestión de proyectos en sectores tan variados como la ingeniería y la construcción.

La investigación se apoya en una revisión profunda de literatura académica, análisis de datos de encuestas recientes, y estudios de caso detallados. A través de estos elementos, se busca proporcionar una comprensión detallada de cómo las metodologías de gestión de proyectos están evolucionando para enfrentar los desafíos del siglo XXI, incluyendo consideraciones tanto teóricas como empíricas. Se utilizan métodos como el analítico-sintético y el inductivo-deductivo, junto con técnicas de análisis documental, para descomponer, analizar y sintetizar la información, permitiendo así una comprensión más profunda de las interrelaciones y dinámicas internas de los fenómenos estudiados.

El estudio incluye también la codificación y análisis de datos secundarios obtenidos de fuentes variadas, con el apoyo de herramientas como Atlas.ti y Mendeley para organizar y analizar los documentos, lo que facilita la identificación de patrones, contextualizaciones y deducciones sobre las variables y metas planteadas. Con un enfoque integrado, la investigación asegura una evaluación rigurosa de la situación actual y futura de la gestión de proyectos, proporcionando soluciones efectivas y orientaciones claras para el campo de la ingeniería y la construcción.

Método, técnicas y análisis

La investigación presentada fue de tipo no experimental, documental y transversal, enfocada en abordar problemas prácticos y proponer la implementación de nuevos conocimientos en organizaciones que gestionan proyectos. La metodología incluyó el análisis de datos secundarios obtenidos de diversas fuentes como libros y encuestas, apoyándose en técnicas como recopilación, codificación y análisis de data.

Los métodos de investigación se dividieron en dos categorías principales: teóricos y empíricos. En el nivel teórico, se emplearon métodos como el analítico-sintético, inductivo-deductivo, histórico-lógico y sistémico-estructural-funcional. Estos métodos permitieron descomponer, analizar y sintetizar la información para formular una base teórica y metodológica sólida, facilitando la comprensión de las interrelaciones y dinámicas internas de los fenómenos estudiados (Rodríguez Jiménez y Pérez Jacinto, 2017; Torres-Miranda, 2020).

En el nivel empírico, se utilizaron técnicas como el análisis documental. Esto incluyó la modificación de documentos para facilitar su acceso y análisis posterior (Falcón y Serpa, 2021).

Este enfoque metodológico integrado permitió una comprensión profunda y multifacética de la gestión de proyectos a nivel global, abordando de manera específica las prácticas y dinámicas de comunicación en este ámbito. La combinación de análisis teóricos y empíricos facilitó una evaluación rigurosa y detallada, esencial para desarrollar soluciones efectivas adaptadas al campo de la ingeniería y la construcción.

El marco metodológico aplicado incluyó la revisión exhaustiva de literatura existente, el análisis de encuestas recientes, y la evaluación de estudios de caso, todos seleccionados para reflejar tanto la realidad global como las particularidades de diversos contextos internacionales. Esta estrategia permitió identificar las mejores prácticas internacionales en gestión de proyectos, enfocándose en las necesidades únicas y los desafíos enfrentados en mercados diversos.

Además, la metodología incorporó un análisis sistemático de las herramientas de comunicación utilizadas en proyectos de ingeniería y construcción, evaluando su efectividad en diferentes contextos culturales y organizacionales. Se analizó cómo las diferencias culturales afectan las prácticas de comunicación y colaboración dentro de los equipos de proyectos, y cómo estas prácticas podrían ser mejoradas para aumentar la eficiencia y la efectividad en la gestión de proyectos.

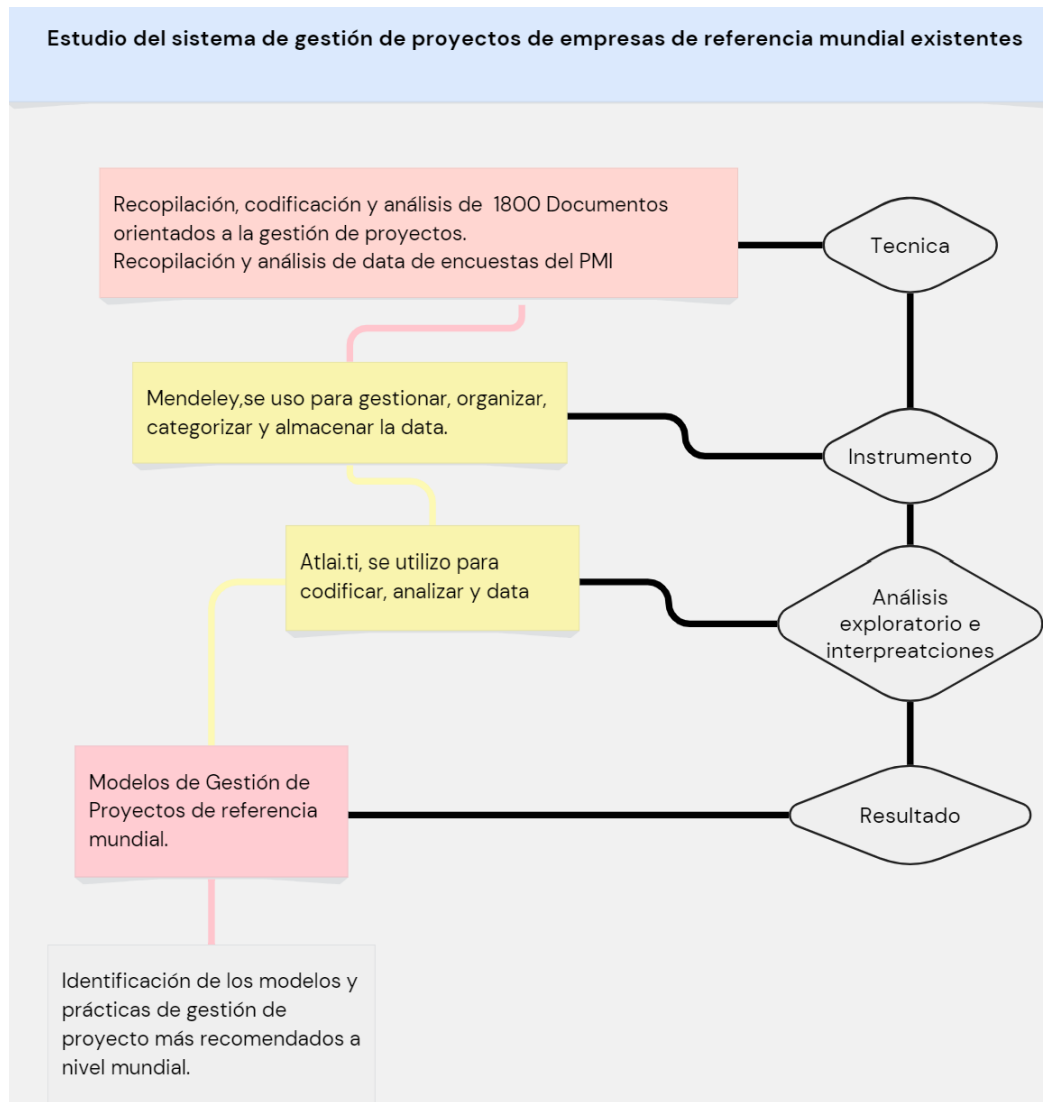
La implementación de técnicas avanzadas de codificación y análisis de datos, utilizando software como Atlas.ti y Mendeley, permitió una organización y síntesis meticulosa de la información, facilitando la identificación de tendencias, patrones y brechas en las prácticas actuales.

En conjunto, este enfoque metodológico no solo profundizó la comprensión de las dinámicas de gestión de proyectos a nivel global, sino que también estableció un marco robusto para proponer e implementar cambios que responden de manera efectiva a los desafíos y oportunidades del sector de la ingeniería y construcción en contextos internacionales.

La investigación se encaminó en la revisión, análisis, comparación y deducción de documentos, datos, encuestas y registros existentes con el objetivo de establecer patrones, contextualizaciones y deducciones de las variables y metas planteadas. Una parte importante de esta fase se realizó a través de la codificación de 1805 documentos, con la ayuda de las herramientas Atlas.ti y Mendeley. En la Figura 1 se esboza la metodología empleada.

Figura 1

Esquema metodológico para el estudio del sistema de gestión de proyectos de empresas de referencia mundial.



Selección de documentos

Se decidió utilizar Mendeley como la herramienta principal para la gestión de referencias en esta investigación, dado su capacidad para organizar y facilitar el acceso a una gran cantidad de documentos académicos. Mendeley es un software de gestión de referencias bibliográficas que permite almacenar, organizar y categorizar investigaciones de manera eficiente, lo cual fue esencial en este proyecto dada la magnitud de la revisión.

En este caso, se almacenaron 1,805 documentos relacionados con la gestión de proyectos en una base de datos de Mendeley. Estos documentos incluían estudios, artículos, libros y otros materiales académicos. El software permitió que los documentos se categorizaran según una serie de atributos clave, tales como:

- **Título:** Cada documento se etiquetó con su título completo, lo que facilitó su identificación.
- **Autor:** Se registraron los nombres de los autores para permitir la referencia rápida y adecuada en la investigación.

- Editorial y Fuente: Estos datos permitieron rastrear el origen de cada publicación y el nivel de credibilidad de cada fuente.
- Fecha: Clasificar los documentos por fecha ayudó a identificar los trabajos más recientes, asegurando que la investigación incluyera los hallazgos más actuales.

Los criterios para seleccionar los documentos que fueron incorporados en Mendeley se centraron en temas específicos relevantes para la gestión de proyectos. Los principales criterios de inclusión fueron:

- Metodologías de gestión de proyectos: Estudios que analizaban diferentes enfoques y metodologías (como Agile, Prince2, Six Sigma, entre otros).
- Estándares y prácticas en la gestión de proyectos: Documentos que discutían normas y buenas prácticas aplicadas en la gestión de proyectos, como PMBoK o ISO.
- Modelos y enfoques de gestión de proyectos: Estudios sobre diferentes modelos utilizados para gestionar proyectos en diversas industrias.
- Estadísticas sobre la eficiencia y éxito de los proyectos: Investigaciones que presentaban datos cuantitativos sobre el rendimiento y la eficiencia de los proyectos bajo diferentes metodologías.

El uso de Mendeley no solo facilitó la organización eficiente de una gran cantidad de documentos, sino que también ayudó a descubrir investigaciones recientes en el campo de la gestión de proyectos. Mendeley cuenta con características que permiten sugerir artículos relevantes basados en las lecturas almacenadas, lo que incrementó el acceso a nuevas fuentes de información que pudieron ser útiles para la investigación.

Mendeley sirvió como una herramienta central en el proceso de gestión de referencias, asegurando que los 1,805 documentos estuvieran organizados de manera lógica y accesible para el equipo de investigación. Esto no solo facilitó la consulta rápida y eficiente de la información, sino que también permitió el seguimiento de la literatura más reciente y relevante sobre las metodologías y prácticas de gestión de proyectos.

Importación de documentos

Los documentos recopilados en la plataforma de Mendeley fueron transferidos a Atlas.ti para su posterior análisis cualitativo. Este proceso incluyó la importación de 1805 documentos relacionados con metodologías de gestión de proyectos, que previamente habían sido organizados y almacenados en Mendeley. En esta etapa, cada documento fue etiquetado con metadatos específicos, lo que permitió una estructuración precisa de la información dentro de Atlas.ti, optimizando tanto la organización como la búsqueda de documentos relevantes durante el análisis.

El uso de estos metadatos facilitó enormemente la organización de los documentos en Atlas.ti, permitiendo a los investigadores navegar de manera eficiente a través de una gran cantidad de información. En lugar de realizar búsquedas manuales extensas, los investigadores podían filtrar los documentos rápidamente utilizando las etiquetas asignadas, lo que aceleró significativamente el proceso de análisis. Además, el etiquetado proporcionó la capacidad de identificar patrones o relaciones entre estudios de un mismo autor, un periodo de tiempo específico, o con un enfoque particular sobre una metodología.

Gracias a la organización basada en metadatos, la búsqueda de documentos durante el análisis temático fue más ágil y precisa. Esto permitió que los investigadores accedieran directamente a los estudios más relevantes para cada fase del análisis o para cada aspecto de las metodologías de gestión de proyectos. Por ejemplo, si en un momento

del análisis se necesitaban estudios recientes sobre la adopción de metodologías ágiles, los documentos etiquetados por "fecha" y "tipo de metodología" podían ser fácilmente localizados y analizados en profundidad.

El etiquetado detallado con metadatos en Atlas.ti no solo permitió organizar y acceder de manera eficiente a los documentos, sino que también optimizó el proceso de análisis al facilitar la búsqueda de información precisa. Esto fue clave para manejar una gran cantidad de documentos de manera sistemática y asegurar que se extrajera el máximo valor de la información disponible, proporcionando una base sólida para un análisis cualitativo detallado de las metodologías de gestión de proyectos.

Codificación de datos

La codificación en este estudio se realizó utilizando un enfoque mixto, lo que significa que combinó tanto la codificación deductiva como la codificación inductiva para capturar la complejidad de los sistemas de gestión de proyectos utilizados por las empresas. Este enfoque permite tanto aplicar códigos predefinidos como descubrir nuevos temas a medida que se examinan los documentos.

Codificación Deductiva: En la codificación deductiva, los códigos fueron creados antes de comenzar el análisis, basándose en conceptos ya conocidos de la literatura sobre gestión de proyectos. Estos códigos predefinidos representaban los parámetros que ya se esperaba encontrar en el análisis, tales como alto rendimiento, beneficio, eficiencia, éxito, y productividad. Por ejemplo, si los estudios existentes señalaban que un enfoque ágil favorece el alto rendimiento, se creaba un código para "alto rendimiento" que se aplicaría a los segmentos de texto que mencionan o discuten esta idea.

Codificación Inductiva: En paralelo, a medida que se revisaban los documentos, surgieron nuevos temas o patrones que no se habían anticipado. Este es el proceso de codificación inductiva, en el que se crean códigos nuevos para capturar estos hallazgos inesperados. Por ejemplo, si durante la revisión de documentos surgía un tema emergente, como la influencia de la cultura organizacional en la elección de metodología, se creaba un código nuevo para reflejar esa temática. Este enfoque inductivo permitió enriquecer el análisis al reflejar mejor la realidad específica de los sistemas de gestión de proyectos de las empresas.

La codificación es un proceso central en el análisis de datos cualitativos, y en este caso, el software Atlas.ti se utilizó para realizar el análisis de manera estructurada y eficiente. A continuación, se explica el proceso de codificación en detalle:

- **Codificación de Texto:** El primer paso fue la selección de segmentos de texto dentro de los documentos que discutían los parámetros clave como alto rendimiento, beneficio o eficiencia. Por ejemplo, si un documento describía cómo una metodología en particular aumentó la eficiencia de un proyecto, ese segmento de texto era identificado como relevante para el análisis.
- **Creación de Códigos:** Cada parámetro clave fue representado por un código. Estos códigos pueden haberse definido previamente (deductivos) o haberse creado durante el análisis (inductivos). Para los conceptos que se mencionaron repetidamente en la literatura (como "beneficio" o "productividad"), se crearon códigos que sirvieron para organizar y agrupar todos los fragmentos relacionados con esos temas.
- **Asignación de Códigos:** Una vez creados los códigos, se aplicaron a los segmentos de texto relevantes. Esto significa que cada vez que un documento hacía referencia a uno de los parámetros, ese fragmento de texto era "etiquetado" con el código correspondiente. Por ejemplo, si una sección

hablaba de cómo una metodología contribuyó al éxito del proyecto, el código "éxito" era asignado a ese segmento de texto.

El objetivo final de este proceso de codificación fue organizar el análisis cualitativo de una manera que permitiera identificar patrones y temas clave en los documentos revisados. Esto facilitó el análisis de las relaciones entre los diferentes parámetros (como alto rendimiento o beneficio) y las metodologías de gestión de proyectos utilizadas. Además, la codificación permitió comparar el uso y la efectividad de diferentes metodologías de manera cuantitativa, basándose en la frecuencia con que ciertos temas o parámetros son mencionados y cómo se correlacionan entre sí.

Los parámetros del estudio de las tendencias en la gestión de proyectos a nivel global se establecieron según lo mostrado en la tabla 1, mientras que los códigos empleados se reportan en la tabla 2.

Tabla 1
Parámetros empleados en Atlas.ti

| Parámetro | Descripción |
|------------------|--|
| Alto Rendimiento | Mide la capacidad de la metodología para alcanzar resultados superiores en términos de eficacia y cumplimiento de objetivos. Está enfocado en evaluar la efectividad general de un enfoque para lograr un rendimiento destacado, incluyendo la capacidad de superar expectativas y benchmarks en la industria. |
| Beneficio | Evalúa el impacto directo e indirecto de la metodología en la generación de ganancias económicas o ventajas competitivas para la organización. Este parámetro se centra en los retornos financieros y beneficios tanto tangibles como intangibles. |
| Eficiente | Mide la optimización en el uso de recursos dentro de un proyecto, minimizando el desperdicio y maximizando la productividad. Este parámetro considera cómo la metodología facilita un uso más eficaz de tiempo, dinero, y recursos humanos. |
| Exitoso | Evalúa el grado en que la metodología facilita el cumplimiento satisfactorio de los objetivos del proyecto. Considera la efectividad del enfoque en alcanzar las metas establecidas, tanto en términos de resultados finales como de cumplimiento de plazos y presupuestos. |
| Productividad | Refiere a la mejora en cantidad y calidad del trabajo producido bajo la aplicación de la metodología. Analiza la capacidad de los equipos para realizar más trabajo en menos tiempo, aumentando la eficiencia sin comprometer la calidad del resultado final. |
| Negativo | Mide los efectos adversos o desventajas que podrían surgir al adoptar una metodología específica. Este parámetro evalúa los riesgos o contraindicaciones potenciales en ciertos contextos o proyectos, ayudando a identificar posibles inconvenientes antes de implementar un enfoque. |
| Práctica | Evalúa la implementación real y práctica de las metodologías en situaciones concretas del mundo real. Examina la aplicabilidad y ejecución efectiva de un enfoque, considerando cómo se adapta a |

| | |
|--------------|--|
| | diferentes circunstancias y cuán viable es en diversos entornos operativos. |
| Aproximación | Analiza la filosofía o enfoque subyacente de la metodología hacia la gestión de proyectos. Incluye la evaluación de cómo se planifican, ejecutan y evalúan los proyectos bajo este enfoque, destacando la coherencia y alineación con los objetivos y valores de la organización. |
| Proyecto | Mide la estructura y manejo de proyectos específicos implementados bajo la metodología. Se enfoca en la capacidad de la metodología para organizar y llevar a cabo proyectos de manera eficaz, asegurando la cohesión y coordinación entre las distintas etapas del proyecto. |
| Gestión | Evalúa la efectividad de la metodología en la gestión general de proyectos. Abarca aspectos como la toma de decisiones, la gestión de recursos y la supervisión del progreso, evaluando cómo estos elementos contribuyen al éxito global del proyecto. |
| PMI | Investiga la adopción y aplicación de los estándares del Project Management Institute (PMI) en la práctica real. Incluye la evaluación de cómo se integran las prácticas recomendadas y las técnicas de gestión alineadas con las certificaciones del PMI en los proyectos. |
| PMBok | Se centra en la implementación de la guía del Project Management Body of Knowledge (PMBok) y su congruencia con los estándares recomendados por el PMI. Evalúa la capacidad de adaptar estas prácticas a proyectos y contextos específicos, asegurando su efectividad y relevancia en distintas situaciones. |

Tabla 2
Tabla de códigos empleados en Atlas.ti

| Códigos | Códigos | Códigos |
|----------------|----------------|----------------------|
| ○ Ágil | ○ Kanban | ○ Project Management |
| ○ Aproximación | ○ Mejorar | ○ Proyecto |
| ○ Beneficio | ○ Metodología | ○ Rendimiento |
| ○ Bienestar | ○ Negativo | ○ Scrum |
| ○ Eficiencia | ○ PMBoK | ○ Six Sigma |
| ○ Éxito | ○ PMI | ○ Waterfall |
| ○ Gestión | ○ Positivo | ○ Comunicaciones |
| ○ Bueno | ○ Practica | ○ España |

| | | |
|-----------|-----------------|------------|
| ○ Híbrido | ○ Prince2 | ○ Software |
| ○ IPMA | ○ Productividad | |

Análisis de datos

El análisis de los documentos en el estudio se realizó mediante el uso de Atlas.ti, un software de análisis cualitativo de datos. Las herramientas de análisis ofrecidas por Atlas.ti fueron fundamentales para identificar patrones y relaciones entre los conceptos clave extraídos de los 1805 documentos revisados. Dos técnicas clave se utilizaron para este análisis: el Análisis de Coocurrencia y las Redes Semánticas.

El Análisis de Coocurrencia es una técnica que permitió identificar qué códigos (temas o conceptos) aparecen juntos con frecuencia en los documentos. Al etiquetar segmentos de texto con códigos como "alto rendimiento", "eficiencia", "beneficio", y "productividad", este análisis permitió ver qué temas tienden a asociarse entre sí. Por ejemplo, si "alto rendimiento" y "eficiencia" aparecen frecuentemente juntos, esto sugiere que en los documentos estudiados hay una relación o dependencia entre ambos conceptos.

Este análisis fue fundamental para descubrir relaciones entre diferentes aspectos de la gestión de proyectos, mostrando cómo ciertos factores (como el uso de una metodología particular) están ligados a resultados específicos, como la productividad o el éxito. También permitió identificar conexiones que no eran obvias en la superficie, ofreciendo una visión más profunda de cómo se interrelacionan los diferentes componentes dentro de un proyecto.

Además del análisis de coocurrencia, se generaron redes semánticas para visualizar las relaciones entre los diferentes códigos. Estas redes permiten visualizar de manera gráfica las conexiones entre códigos, mostrando cómo los conceptos se relacionan en el contexto de la gestión de proyectos. Cada código se representa como un nodo en la red, y los enlaces entre los nodos muestran la frecuencia o fuerza de las conexiones.

Las redes semánticas proporcionaron una visión clara de los patrones y estructuras en los datos, ayudando a identificar qué temas eran más centrales o estaban más interrelacionados. Por ejemplo, si "productividad" está directamente conectado con muchos otros conceptos como "alto rendimiento" o "beneficio", esto indica que la productividad es un tema central en la gestión de proyectos.

El uso combinado de análisis de coocurrencia y redes semánticas permitió no solo cuantificar la presencia de ciertos conceptos en los documentos, sino también entender cómo se interconectan estos conceptos dentro de la práctica de la gestión de proyectos. Esta visión integral facilitó la identificación de patrones que no serían evidentes a través de un análisis superficial, proporcionando un marco más profundo para comprender las dinámicas en juego en la gestión de proyectos y ayudando a identificar áreas clave para mejorar la eficiencia y el rendimiento en los proyectos empresariales.

Visualización de datos

Atlas.ti, como herramienta avanzada de análisis cualitativo, fue utilizada no solo para gestionar y analizar grandes volúmenes de datos, sino también para visualizar los hallazgos de manera que fueran fácilmente comprensibles y accesibles. Dos de las principales funcionalidades de visualización que se utilizaron en el análisis fueron las Nubes de Palabras y los Mapas de Códigos, cada una con propósitos distintos pero complementarios.

Las Nubes de Palabras son representaciones visuales que destacan los términos más frecuentes en un conjunto de documentos. En este caso, Atlas.ti generó nubes de palabras

para resaltar los temas y conceptos que aparecieron con mayor frecuencia en los documentos sobre gestión de proyectos. Las palabras más comunes se mostraban con mayor tamaño y prominencia, mientras que los términos menos frecuentes se representaban en tamaños más pequeños.

- **Propósito:** El uso de nubes de palabras ayudó a los investigadores a identificar rápidamente los términos clave que predominaban en los documentos analizados. Esto proporcionó una visión general inmediata sobre los temas más recurrentes en la literatura sobre gestión de proyectos, como "eficiencia", "beneficio", "productividad" o "metodologías ágiles". Esta funcionalidad es particularmente útil para detectar patrones iniciales sin necesidad de realizar un análisis profundo desde el principio.
- **Ventaja:** Las nubes de palabras no solo facilitaban la identificación de temas dominantes, sino que también ayudaban a visualizar cómo los conceptos se organizaban dentro del contenido, lo que daba pistas sobre qué temas eran más relevantes o estaban siendo discutidos con mayor énfasis.

Los Mapas de Códigos, otra función clave de Atlas.ti, se utilizaron para mostrar gráficamente cómo los temas específicos (o códigos) estaban distribuidos a lo largo del conjunto de documentos. Estos mapas son representaciones visuales que muestran la relación y conexiones entre diferentes temas codificados en el análisis. Cada código o tema se presenta como un nodo, y los enlaces entre nodos indican la coocurrencia o la fuerza de la relación entre esos temas.

- **Propósito:** Los mapas de códigos fueron esenciales para entender las interconexiones entre los diferentes temas presentes en los documentos. Por ejemplo, en un análisis sobre metodologías de gestión de proyectos, un mapa de códigos podría mostrar cómo "eficiencia" se conecta con otros códigos como "alto rendimiento" o "beneficio". Esto permitió visualizar de forma clara y directa cómo los diferentes aspectos de la gestión de proyectos interactúan y se distribuyen en los documentos.
- **Ventaja:** Esta herramienta ayudó a identificar patrones más complejos y profundos que las nubes de palabras no podían mostrar por sí solas. Los mapas de códigos revelaban relaciones entre temas y ayudaban a los investigadores a entender no solo qué temas eran frecuentes, sino cómo estaban relacionados entre sí dentro de los contextos discutidos en la literatura.

La combinación de nubes de palabras y mapas de códigos en Atlas.ti permitió presentar los hallazgos de una manera visualmente intuitiva y comprensible. Mientras que las nubes de palabras facilitaban la detección de los temas más recurrentes, los mapas de códigos ofrecían una visión más detallada sobre las relaciones y conexiones entre esos temas. Juntas, estas visualizaciones ayudaron a los investigadores a interpretar los datos de manera más completa, identificando tanto los temas centrales como las estructuras subyacentes en los documentos de gestión de proyectos.

Resultados

Utilizando las funcionalidades "concepto" y "nube" en Atlas.ti, se generó una visión preliminar de los términos predominantes en los 1805 documentos analizados, como se ilustra en la Figura 2. Esta visualización en forma de nube de palabras revela términos clave como gestión, proyectos, cultura y aproximación (incluyendo menciones como agile

approach y metodologías ágiles), así como otros términos importantes como éxito y empresa.

La nube de palabras destaca los temas más frecuentemente discutidos en los documentos, proporcionando una vista rápida y clara de los conceptos predominantes en la literatura sobre gestión de proyectos. Términos como "gestión" y "proyectos" subrayan la centralidad de estos temas en los estudios analizados, mientras que conceptos como "cultura" y "aproximación" reflejan cómo las metodologías ágiles están siendo adaptadas y adoptadas en diferentes entornos organizacionales. Esto sugiere una tendencia hacia la alineación de las metodologías de gestión con las prácticas locales o las características específicas de la industria.

Términos como "éxito" y "empresa" también aparecen con frecuencia, lo que indica una fuerte correlación entre la implementación de determinadas metodologías y la consecución de resultados positivos en los proyectos, además de su impacto en el rendimiento general de las organizaciones. Esta frecuencia resalta el valor percibido de las metodologías de gestión de proyectos como herramientas clave para mejorar la eficiencia operativa y alcanzar el éxito organizacional.

Figura 2

Visualización de nubes de palabras obtenida del análisis de 1805 documentos



A partir de esta visualización, se procedió a una codificación más detallada de los documentos. Se utilizaron códigos específicos para representar los conceptos clave que surgieron del análisis, permitiendo una categorización sistemática de los datos. Los códigos como Alto Rendimiento, Beneficio, Eficiencia, Éxito, y Productividad fueron aplicados a pasajes relevantes dentro de los documentos. Además, se crearon códigos adicionales para metodologías específicas como "Agile", "Scrum", "PMBok" y "Six Sigma", lo que facilitó el análisis de las diferencias entre ellas.

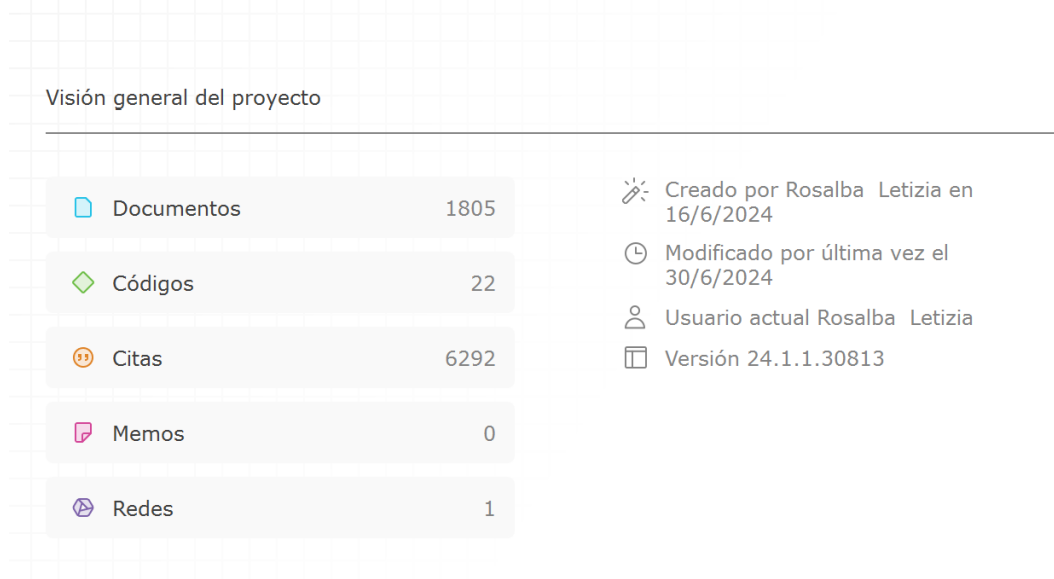
El proceso de generación de citas permitió extraer segmentos de texto que fueron etiquetados con los códigos pertinentes, lo que facilitó el análisis de frecuencias y patrones. Estas citas no solo proporcionaron referencias para los conceptos clave, sino

que también ofrecieron evidencia concreta sobre cómo se discuten y aplican las metodologías en distintos contextos.

La Figura 3 ofrece una representación visual de estos códigos y citas a través de una red de códigos, que muestra cómo los temas están conectados entre sí en los documentos. Esta red ayuda a identificar las relaciones y conexiones más prominentes entre los conceptos, proporcionando una visión clara de cómo se distribuyen los temas a lo largo del análisis.

Figura 3

Visualización de general del proyecto del análisis de 1805 documentos



En las Tablas 3 y 4, se presentan los resultados del análisis de coocurrencia de códigos, donde se examinan las interacciones entre distintos códigos para comprender mejor cómo se relacionan las metodologías y los parámetros clave. Por ejemplo, la coocurrencia entre Alto Rendimiento y PMBoK indica una correlación significativa en la literatura, sugiriendo que las prácticas recomendadas por PMBoK están estrechamente ligadas al logro de un rendimiento destacado en los proyectos.

En contraste, la baja frecuencia de coocurrencia entre Alto Rendimiento y Six Sigma sugiere que esta metodología no se percibe como particularmente efectiva para alcanzar un rendimiento sobresaliente, lo que resalta las limitaciones de Six Sigma en ciertos contextos.

El uso de Atlas.ti permitió no solo organizar y analizar los datos de manera eficiente, sino también identificar rápidamente los temas más relevantes y sus interrelaciones. Esto proporcionó una base sólida para evaluar las fortalezas y debilidades de cada metodología y ofrecer orientación sobre la selección del enfoque más adecuado para las necesidades específicas de los proyectos y organizaciones.

Tabla 3*Análisis de la coocurrencia de códigos del análisis de los 1805 documentos (parte 1)*

| Parámetro | Alto Rendimiento Citas=622 | Beneficio Citas=745 | Eficiente Citas=125 | Exitoso Citas=1407 | Productividad Citas=53 | Negativo Citas=86 |
|--|-------------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|---------------------------|----------------------|
| <i>Agil+Scrum+ Kanban+Hibrido Citas=283+62+22+65</i> | 3 | 128 | 26 | 128 | 8 | 2 |
| <i>Agil Citas=283</i> | 2 | 85 | 18 | 85 | 5 | 1 |
| <i>Scrum Citas=62</i> | 1 | 16 | 5 | 9 | 1 | 0 |
| <i>Kanban Citas=22</i> | 0 | 5 | 2 | 4 | 0 | 0 |
| <i>Hibrido Citas=65</i> | 0 | 22 | 1 | 30 | 2 | 1 |
| <i>Prince2 Citas=543</i> | 0 | 143 | 14 | 117 | 4 | 6 |
| <i>Six Sigma Citas=10</i> | 0 | 6 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| <i>Waterfall Citas=43</i> | 0 | 10 | 2 | 16 | 0 | 0 |
| <i>IPMA Citas=11</i> | 0 | 4 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| <i>PMBoK Citas=85</i> | 1 | 28 | 3 | 30 | 4 | 1 |
| <i>PMI Citas=70</i> | 1 | 24 | 2 | 30 | 3 | 0 |

Tabla 4*Análisis de la coocurrencia de códigos del análisis de los 1805 documentos (parte 2)*

| Parámetro | Metodología Citas=1399 | Practica Citas=414 | Aproximación Citas=946 | Proyecto Citas=3472 | Gestión Citas=4104 | PMBoK Citas=85 | PMI Citas=70 |
|--|---------------------------|-----------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| <i>Agil+Scrum+ Kanban+Hibrido Citas=283+62+22+65</i> | 270 | 102 | 199 | 429 | 425 | 34 | 26 |

| | | | | | | | |
|------------------------------|-----|----|-----|-----|-----|----|----|
| <i>Agil</i> Citas=283 | 159 | 70 | 123 | 280 | 279 | 20 | 16 |
| <i>Scrum</i> Citas=62 | 51 | 15 | 28 | 62 | 60 | 5 | 3 |
| <i>Kanban</i> Citas=22 | 20 | 2 | 8 | 22 | 22 | 0 | 0 |
| <i>Hybrid</i> Citas=65 | 40 | 15 | 40 | 65 | 64 | 9 | 7 |
| <i>Prince2</i> Citas=543 | 497 | 62 | 65 | 543 | 515 | 10 | 11 |
| <i>Six Sigma</i> Citas=10 | 2 | 1 | 2 | 10 | 5 | 1 | 1 |
| <i>Waterfall</i> Citas=43 | 33 | 15 | 23 | 43 | 43 | 5 | 1 |
| <i>IPMA</i> Citas=11 | 2 | 3 | 2 | 11 | 10 | 1 | 4 |
| <i>PMBok</i> Citas=85 | 38 | 23 | 28 | 85 | 84 | 0 | 28 |
| <i>PMI</i> Citas=70 | 32 | 16 | 22 | 70 | 70 | 28 | 0 |

Discusión y conclusiones

El análisis de 1805 documentos sobre las metodologías de gestión de proyectos proporciona información valiosa sobre las preferencias y efectividad de distintos enfoques según el sector y las características del proyecto. A través del uso de herramientas de análisis cualitativo como Atlas.ti, se identificaron patrones significativos en la adopción de estas metodologías, lo que ofrece una comprensión más profunda de su aplicabilidad en contextos específicos.

Las metodologías ágiles, que incluyen Agile, Scrum, Kanban y sus combinaciones híbridas, destacan por su flexibilidad y capacidad de adaptación. Con 128 citas en los parámetros de alto rendimiento y beneficio, estas metodologías son particularmente útiles en sectores que experimentan cambios rápidos y requieren una respuesta ágil a las fluctuaciones del mercado. Este es el caso de los servicios financieros y la tecnología de la información (TI), donde la capacidad de ajustar los enfoques del proyecto en tiempo real es esencial para mantenerse competitivo. Las metodologías ágiles permiten una iteración continua, facilitando la entrega frecuente de valor y la adaptación rápida a los cambios en los requisitos del cliente o en las condiciones del mercado.

Este enfoque ágil es altamente valorado por su habilidad para mantener la eficacia operativa mientras se navega en entornos de incertidumbre, lo que lo convierte en una opción preferida en sectores volátiles donde la flexibilidad es crucial para el éxito.

En contraste, Prince2 es una metodología muy valorada en proyectos que requieren estructura y control riguroso. Con 143 citas en beneficio y 117 en alto rendimiento, esta metodología sobresale en sectores como la construcción y la manufactura, donde la gestión de proyectos complejos y de gran escala exige una planificación detallada y un control estricto de los riesgos y recursos. Prince2 se distingue por su capacidad para dividir un proyecto en fases claras y manejables, lo que facilita una mejor gestión de los recursos y asegura que cada fase cumpla con sus objetivos antes de avanzar a la siguiente.

Esta metodología es particularmente apreciada en entornos regulados, donde es mandatorio seguir un proceso bien definido para garantizar que se cumplan todas las

normativas y estándares de calidad. Prince2 proporciona un enfoque sistemático que minimiza los riesgos y ayuda a las organizaciones a alcanzar resultados medibles y claros.

Aunque PMBoK y PMI no alcanzan el mismo nivel de popularidad que las metodologías ágiles en términos de rendimiento y beneficio, su estructura y estandarización son altamente valoradas en entornos que exigen consistencia y alineación con estándares internacionales. Con 30 citas en alto rendimiento y beneficio, PMBoK y PMI son frecuentemente utilizados en proyectos donde la previsibilidad y la conformidad con estándares globales son fundamentales.

Estos enfoques proporcionan una base sólida para gestionar proyectos que requieren un enfoque meticuloso y alineado con las mejores prácticas de la industria, lo que los hace ideales para proyectos a gran escala que necesitan cumplir con normas estrictas y tener un alto grado de control.

Las metodologías tradicionales como Six Sigma y Waterfall muestran una menor flexibilidad en comparación con las metodologías ágiles, pero siguen siendo útiles en proyectos donde un enfoque secuencial y predecible es preferible. Six Sigma, con 6 citas en beneficio y eficiencia, se enfoca en la optimización de procesos y la reducción de defectos, siendo particularmente relevante en sectores como la manufactura, donde la calidad y la mejora continua son esenciales.

Waterfall, con 10 citas en beneficio y 16 en alto rendimiento, es apreciada en proyectos con requisitos claros desde el principio, como en la construcción o el desarrollo de software tradicional. Sin embargo, su falta de flexibilidad y menor capacidad para adaptarse a los cambios hacen que sea menos adecuada para entornos más dinámicos, donde las necesidades del proyecto pueden evolucionar con el tiempo.

El análisis también revela cómo la adopción de metodologías varía considerablemente según el sector y la región. En sectores como TI y servicios financieros, las metodologías ágiles son las más predominantes debido a su capacidad para adaptarse rápidamente a los cambios. Por otro lado, en sectores como la construcción y manufactura, las metodologías tradicionales como Waterfall y Six Sigma siguen siendo relevantes, aunque menos populares que Prince2 y PMBoK debido a su enfoque estructurado y predictivo.

La elección de la metodología de gestión de proyectos debe basarse en una evaluación exhaustiva de las necesidades del proyecto y las condiciones operativas. Las metodologías ágiles son ideales para proyectos que requieren adaptabilidad y una respuesta rápida a los cambios, mientras que Prince2 y PMBoK ofrecen soluciones estructuradas y predecibles, adecuadas para contextos que exigen rigurosidad y control.

Las metodologías tradicionales, aunque menos flexibles, siguen desempeñando un papel importante en sectores donde la secuencialidad y la previsibilidad son esenciales para el éxito. Este análisis proporciona a los gestores de proyectos y organizaciones la información necesaria para tomar decisiones informadas, maximizando la eficiencia operativa y asegurando el éxito en un entorno competitivo.

Además, comprender las diferencias en la adopción de metodologías según el sector y la región permite a las organizaciones adaptar sus prácticas de gestión para mejorar la eficacia de los proyectos y aumentar la satisfacción laboral en diversos contextos industriales.

Para seguir avanzando en el análisis de las metodologías de gestión de proyectos, se sugiere llevar a cabo una serie de investigaciones complementarias que profundicen en aspectos clave no cubiertos en este análisis inicial. Estas son algunas propuestas de continuidad:

- **Análisis Comparativo de Metodologías Híbridas:** Dado el aumento en la adopción de metodologías híbridas en Europa y otras regiones, sería interesante llevar a cabo un análisis comparativo más profundo entre las metodologías ágiles puras y las híbridas. Este estudio podría explorar cómo las organizaciones están personalizando sus prácticas de gestión de proyectos, combinando la flexibilidad de Agile con la estructura de Prince2 o PMBoK, y cómo estas variaciones impactan en la eficiencia y éxito del proyecto en diferentes sectores.
- **Impacto de las Metodologías en la Satisfacción del Equipo y la Sostenibilidad:** Una línea de investigación futura podría examinar cómo las distintas metodologías de gestión de proyectos influyen en la satisfacción del equipo y el bienestar laboral. Además, sería interesante estudiar cómo los enfoques ágiles, Prince2, o PMBoK contribuyen a la sostenibilidad operativa dentro de las organizaciones, tanto en términos de recursos humanos como en el uso de recursos materiales y tecnológicos.
- **Investigación Sectorial Detallada:** Aunque el análisis actual revela diferencias en la adopción de metodologías entre sectores como TI, servicios financieros, construcción, y manufactura, una investigación más específica que explore las peculiaridades de cada sector podría ayudar a identificar qué factores determinan la elección de una metodología en particular. Esto podría incluir aspectos regulatorios, tamaño de las empresas, tipos de clientes, y complejidades de los proyectos.
- **Adopción de Nuevas Tecnologías en la Gestión de Proyectos:** En la era de la transformación digital, es importante analizar cómo las nuevas tecnologías como la inteligencia artificial (IA), machine learning, y blockchain están influyendo en las metodologías de gestión de proyectos. Un estudio que investigue la integración de estas tecnologías en metodologías tradicionales o ágiles podría proporcionar información valiosa sobre cómo evolucionará la gestión de proyectos en los próximos años.
- **Desempeño de Metodologías en Pymes versus Grandes Corporaciones:** Sería útil comparar cómo las pequeñas y medianas empresas (Pymes) y las grandes corporaciones adoptan y utilizan diferentes metodologías de gestión de proyectos. Este análisis podría identificar qué metodologías son más efectivas según el tamaño de la organización y qué adaptaciones se requieren para que sean exitosas en diferentes tipos de empresa.
- **Evaluación del Costo-Beneficio de la Implementación de Metodologías:** Finalmente, sería relevante realizar un análisis exhaustivo del costo-beneficio asociado con la implementación de distintas metodologías de gestión de proyectos. Esto incluiría los costos de formación, implementación, y mantenimiento de las metodologías, en contraste con los beneficios generados en términos de eficiencia, calidad, y satisfacción del cliente.

Estos estudios propuestos no solo permitirían avanzar en el conocimiento de la efectividad y aplicabilidad de las metodologías de gestión de proyectos en distintos contextos, sino que también ofrecerían a las organizaciones herramientas más precisas para elegir la metodología que mejor se adapte a sus necesidades. Además, podrían contribuir a la mejora continua de las metodologías existentes o al desarrollo de nuevos enfoques que integren la flexibilidad y estructura necesarias para enfrentar los desafíos actuales en la gestión de proyectos.

Referencias

- Falcón, A. L., & Serpa, G. R. (2021). Acerca de los métodos teóricos y empíricos de investigación: significación para la investigación educativa. *Conrado*, 17(S3), 22–31. <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/2133>
- González, R., & Salazar, F. (2018). *Aspectos básicos del estudio de muestra y población para la elaboración de los proyectos de investigación*. Universidad de Oriente.
- Rodríguez Jiménez, A., & Pérez Jacinto, A. O. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista Escuela de Administracion de Negocios*, 82, 175–195. <https://doi.org/10.21158/01208160.n82.2017.1647>
- Torres-Miranda, T. (2020). Defending the Historical-Logical Method on the Basis of Logic as a Science. *Revista Cubana de Educación Superior*, 39(2).

**SEGMENTACIÓN DE CLIENTES Y DETECCIÓN DE OPERACIONES
INUSUALES CLASIFICADOS EN GRADOS DE RIESGO PARA LA
PREVENCIÓN DE LAVADO DE DINERO CON DATOS DE UNA INSTITUCIÓN
FINANCIERA EN MÉXICO A 2023**
**CLIENT SEGMENTATION AND DETECTION OF UNUSUAL OPERATIONS CLASSIFIED
INTO RISK DEGREES FOR THE PREVENTION OF MONEY LAUNDERING WITH DATA
FROM A FINANCIAL INSTITUTION IN MEXICO BY 2023**

José Antonio Ortiz Richards¹

Banco Nacional de Comercio Exterior, México

(jortizrichards@gmail.com) (<https://orcid.org/0000-0001-9795-8001>)

Información del manuscrito:

Recibido/Received: 19/11/2024

Revisado/Reviewed: 03/12/2024

Aceptado/Accepted: 10/05/2025

RESUMEN

Palabras clave:

minería de datos, prevención de lavado de dinero, operaciones inusuales, métodos de segmentación.

La investigación desarrolla y valida un método cuantitativo utilizando datos de una institución financiera en México, con el objetivo de obtener un mejor conocimiento de los clientes, detectar el posible uso indebido de la institución en delitos relacionados con la integración y dispersión de recursos financieros ilícitos atendiendo las recomendaciones internacionales establecidas por el Grupo de Acción Financiera Internacional (GAFI) y con las disposiciones en México. Se emplean técnicas de minería de datos, así como instrumentos para recolectar, analizar y utilizar la información sobre las características inherentes y transaccionales de los clientes. Se presenta un análisis estadístico descriptivo y, para lograr una segmentación adecuada, se combinan métodos de clasificación basados en centros móviles y la clasificación jerárquica de Ward, junto con métodos factoriales, lo que permite identificar cambios en patrones de comportamiento de las variables y analizar posibles operaciones inusuales, explicando el grado de riesgo asociado a cada segmento. Los resultados ofrecen una clasificación de riesgo medio y alto, contrastando con el modelo de puntaje actualmente utilizado, que clasifica a los clientes como de riesgo bajo. Además, este enfoque facilita la sospecha de operaciones inusuales reduciendo el número de alertas falsas. Uno de los aportes que ofrece esta investigación es incorporar variables cualitativas para la segmentación adaptada al contexto de México considerando mejores prácticas en Colombia y de GAFI.

ABSTRACT

Keywords:

The research develops and validates a quantitative method using data from a financial institution in Mexico, with the objective of obtaining a better understanding of the clients, detecting the

¹ Autor de correspondencia.

data mining, money laundering prevention, unusual operations, cluster formation methods.

possible misuse of the institution in crimes related to the integration and dispersion of illicit financial resources, taking the international recommendations established by the Financial Action Task Force (FATF) and with the provisions in Mexico. Data mining techniques are used, as well as instruments to collect, analyze and use information on the inherent and transactional characteristics of customers. A descriptive statistical analysis is presented and, to achieve adequate segmentation, classification methods based on mobile centers and Ward's hierarchical classification are combined, along with factorial methods, which allows for the identification of changes in behavioral patterns of the variables and the analysis of possible unusual operations, explaining the degree of risk associated with each segment. The results offer a classification of medium and high risk, contrasting with the scoring model currently used, which classifies customers as low risk. In addition, this approach facilitates the suspicion of unusual operations by reducing the number of false alerts. One of the contributions this research offers is the incorporation of qualitative variables for segmentation adapted to the context of Mexico, considering best practices in Colombia and the FATF.

Introducción

Una de las prioridades internacionales es la lucha para la prevención del lavado de dinero y el financiamiento al terrorismo debido a que representan un alto riesgo para la paz, la seguridad, la estabilidad y el desarrollo económico de los países. El efecto de no gestionarse adecuadamente, por una parte, supone un incremento en el número de víctimas a causa de los delitos cometidos por personas u organizaciones y, por otra parte, de acuerdo con BASEL (2022) los inversionistas y las instituciones financieras pueden decidir retirarse o no iniciar un negocio en un país que es evaluado con alto riesgo en lavado de dinero para evitar la exposición a los riesgos de incumplimiento, operacionales y de reputación.

Existen diversos organismos internacionales para combatirlo, un organismo es el GAFI quien periódicamente revisa las técnicas de lavado de dinero, fortalece sus estándares y monitorea a los países para garantizar que implementen de manera completa y efectiva sus 40 recomendaciones. Los datos del GAFI son una fuente primordial para conocer el compromiso del país. México cumple parcialmente algunas recomendaciones, conforme con el proceso de evaluación llevado a cabo entre 2017 y 2018 (GAFILAT,2023).

Otro Organismo, es BASEL que, entre otras acciones, mide anualmente “el riesgo de blanqueo de capitales y financiación del terrorismo (LA/FT) en jurisdicciones de todo el mundo”(BASEL, 2023, p. 5). El riesgo lo define como la vulnerabilidad al LA/FT y sus capacidades para contrarrestarlo. El índice considera 18 indicadores, los cuales difieren en enfoque y alcance y se encuentran clasificados en cinco dominios. La puntuación se basa en datos de fuentes disponibles públicamente, como el GAFI, Banco Mundial, Foro Económico Mundial y Transparencia Internacional. En 2022 y 2023, México esta evaluado en riesgo medio.

El Gobierno Mexicano derivado de los compromisos internacionales adoptados como integrante del GAFI emite para las instituciones financieras, entre diversas leyes y normas, las disposiciones de carácter general a que se refiere el artículo 115 de la Ley de Instituciones de Crédito para prevenir y detectar estos actos, la cual establece que las “Entidades con base en la medición de los Riesgos que lleven a cabo, deberán clasificar a sus Clientes en diversos Grados de Riesgo que permitan diferenciarlos de forma significativa” (SHCP,2022, p. 67).

Por otra parte, la Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV) en su labor de supervisión identifica varios hallazgos recurrentes, entre los que destacan: “El modelo de clasificación de clientes por grado de riesgo no consideran todos los criterios, factores y características inherentes o transaccionales de los clientes” (2020, p. 9).

La institución financiera para dar cumplimiento desarrolla y utiliza un modelo de clasificación por puntos. Desde su aplicación presenta resultados con una concentración de clientes en grado de riesgo bajo, los cuales cuentan con características heterogéneas. Se considera que las limitantes de este modelo son:

- Es estático, por lo que no se ajusta a cambios en el comportamiento del cliente.
- Genera un número elevado de falsos positivos.

Se destaca que el LA/FT se ve beneficiado por el uso de la inteligencia artificial ya que mejora de forma significativa y en tiempo real el procesamiento de grandes volúmenes de datos facilitando la precisión de los resultados para identificar operaciones atípicas (GAFI, 2021, p. 35; Martínez et. al., 2022, p. 78).

GAFI (2021, p. 38) menciona que la prevención del LA/FT se ve favorecida por la segmentación, ya que al formar grupos homogéneos de individuos es posible encontrar asociación entre ellos conociendo su comportamiento habitual y a partir de esto identificar operaciones inusuales, en comparación con su segmento que pueden estar vinculadas a comportamientos sospechosos de delitos asociados con el LA/FT.

Por lo tanto, el objetivo general del presente artículo es utilizar un método de segmentación que permita clasificar y detectar la inusualidad de las operaciones de los clientes considerando datos de 2022 y 2023 para contar con mayores elementos para conocerlo, clasificarlo en un grado de riesgo y en su caso sospechar de LD.

Las preguntas de investigación que se plantean son: ¿Cómo podría la institución financiera en México segmentar a los clientes para lograr conformar grupos homogéneos al interior y heterogéneos entre ellos?; ¿La segmentación de los clientes permite explicar el grado de riesgo que sus características inherentes y transaccionales exponen a la institución financiera en México para ser utilizada en el lavado de dinero?; y ¿La institución financiera en México podría detectar y sospechar de operaciones inusuales de sus clientes que representen riesgo de lavado de dinero con el apoyo la segmentación?.

Para ello, inicialmente se recolecta y analizan diversos artículos, como el publicado por (Jovel, 2020) quien segmenta a los asociados de una cooperativa de ahorros y créditos en Colombia utilizando variables cuantitativas. Se apoya del software R, de la minería de datos Cross Industry Standard Process for Data Mining (CRISP DM) y de tres técnicas de agrupamiento basado en particiones: K-means- PAM, Fuzzy C-Means, y una técnica basada en modelos de densidad: DbSCAN. Concluye que se cumple con los objetivos planeados al identificar los mismos grupos por los diferentes métodos aplicados, sin embargo, los asociados del “grupo obtenido por PAM, difieren de los obtenidos por K-means, ya que el primero se basa en el medoide, mientras que el segundo en el centroide” (p. 84).

Castro y Castro (2020) desarrollan una propuesta con el objetivo de “identificar grupos homogéneos y heterogéneos entre segmentos a partir de variables cuantitativas de los asociados en un fondo de empleados en Colombia” (p. 10). Se apoya de la herramienta de Rstudio. Realizan un análisis de componentes principales y concluyen que al aplicar el método de segmentación con el algoritmo k medias en línea con el objeto de estudio el resultado de esta agrupación determinó tres grupos e identifica señales de alerta.

Por otra parte, Perez (2020) presenta una metodología de segmentación para dos entidades financieras colombianas utilizando el algoritmo de K-Means y comparando los resultados en diferentes índices que permitan validar la óptima selección del número de clústeres y la pertenencia a estos. Utiliza las siguientes variables: Frecuencia de transacciones, ciudad de origen, sector o persona natural, años de antigüedad y transacciones, con el apoyo del Software R y el paquete NbClustm. Concluye que se obtiene una segmentación adecuada.

En cuanto antecedentes en México, se encuentra el artículo por parte de Camacho et al., (2021) en la que tratan la detección de LA/FT mediante redes neuronales y un indicador de anomalías. La metodología propuesta involucra el uso de lógica difusa para obtener métricas de riesgo, utiliza cuatro algoritmos no supervisados (Strict Competitive Learning, Self-Organizing-Map, C-Means y Neural Gas) para formar grupos e identificar el de mayor riesgo, y por último aplica un indicador de anomalía para detectar cualquier comportamiento inusual. El modelo logra reducir la tasa de falsos positivos y disminuir los costos de la empresa.

Se puede observar que los artículos se desarrollaron principalmente en Colombia con variables cuantitativas diferentes a la del presente artículo, esto debido a los

requerimientos de las entidades regulatorias; la mayoría de las investigaciones precedentes utilizan la minería de datos con el apoyo de la metodología CRISP DM, técnicas de segmentación y el software R con resultados satisfactorios.

Método

La investigación es de tipo cuantitativo no experimental ya que no se manipula deliberadamente variables, sino que se observan tal como se dan en su contexto natural para analizarlas, así mismo, es longitudinal de tipo panel porque se realizan tres mediciones a través del tiempo, una por el último semestre de 2022 y dos semestres por el año 2023 para analizar los cambios y evolución de las variables de los clientes activos y considera un algoritmo híbrido de segmentación utilizando métodos factoriales y el método de Ward, que según GAFILAT (2021, p. 52) es el más utilizado en las metodologías de lavado de dinero, asimismo, se apoya de la minería de datos utilizando la metodología CRISP-DM para la estructura y proceso de comprensión, preparación, modelado y evaluación de datos, organizada en:

Paso 1.- Comprensión del negocio:

La institución financiera tiene como finalidad contribuir al crecimiento económico impulsando a los sectores públicos y privados que generan divisas en el país. Estas actividades las lleva a cabo por medio del otorgamiento del crédito de forma directa o indirecta siendo éste un apoyo a través del otorgamiento de garantía sobre los créditos que la banca múltiple otorga al sector privado; así como, en el ámbito de mercados financieros a través de la mesa de dinero integrado por operaciones de reporto.

Paso 2.- Comprensión y preparación de los datos:

Con el propósito de asegurar su completitud, coherencia y precisión se realizan las siguientes actividades:

Recolección de datos

Los datos de las características inherentes de los clientes son recolectados por analistas y registrados en un sistema. La información que se captura en el sistema coincide con la información que se encuentra en el expediente de identificación integrado de manera física, ya que es validada por el área de prevención de lavado de dinero. Los datos transaccionales se obtienen por la extracción de información de los aplicativos transaccionales. A fin de comprobar la calidad de los datos, se considera la opinión favorable por parte del auditor externo de la revisión practicada para los ejercicios 2022 y 2023.

Selección de datos

Se consideran los factores de riesgo exigidos por las disposiciones en México que explican cómo y en qué medida cada cliente representa riesgo de lavado de dinero, siendo:

1. Tipo de persona: se considera la Evaluación Nacional de Riesgos 2020 (SHCP, 2020, p. 50) en la que menciona que la información requerida puede ser obstaculizada por la operación de empresas fachada, estructuras jurídicas complejas, fideicomisos y otros acuerdos legales que permiten una separación de la propiedad legal el uso de intermediarios ya que los esquemas o mecanismos más complejos podrían permitir operaciones con recursos de

- procedencia ilícita, se considera a las empresas y fideicomisos de riesgo alto y al resto de riesgo bajo.
2. Tipo de persona políticamente expuesta (PEP): aquella persona que desempeña o ha desempeñado funciones públicas destacadas en un país extranjero o en territorio mexicano conforme lo señalan las disposiciones y que en caso de ser extranjero se considera de riesgo alto.
 3. Antigüedad de la persona: la tipología emitida por la Unidad de Inteligencia Financiera considera a las personas jóvenes y entidades de reciente creación como el modo más común de operar para el lavado de dinero.
 4. Riesgo de la actividad económica.
 5. Ubicación geográfica: el crimen organizado y el narcotráfico suelen utilizar la economía para lavar dinero y sobornar a las autoridades incrementando así la tasa de criminalidad y la corrupción en distintas áreas geográficas.
 6. Producto utilizado: pueden aumentar el riesgo considerando: El tipo de persona con que se puede operar, tipo de moneda, las jurisdicciones involucradas en su operación, la complejidad del producto, la participación de intermediarios financieros en su operación y si la operación se pudiera dar de manera conjunta con otros bancos de desarrollo.
 7. Destino del recurso: indica si es un abono en moneda nacional (MN) o en dólares americanos (USD) relacionado con la actividad económica del cliente.
 8. Origen del recurso: indica si es nacional o extranjero relacionado con la actividad económica del cliente, ya que éstos pueden aumentar el riesgo considerando: La facilidad para la identificación de terceros involucrados, si permite o no la colocación o recepción de recursos en moneda extranjera, si permite o no la movilidad de recursos hacia o del extranjero y el tipo de proceso (presencial o no presencial que da origen a la operativa del canal).
 9. Número de operaciones: es la suma de operaciones realizadas en el semestre por parte del tipo de persona en el producto utilizado.
 10. Monto de operaciones.
 11. Número de contraparte: indica el número de cuentas bancarias de diferentes contrapartes a las que se depositarán los recursos, considerando de alto riesgo más de cinco cuentas.
 12. Transferencias de fondo: muestra el país al que se realiza la transferencia para analizar su perfil y comportamiento.

Limpieza de datos

Se lleva a cabo el análisis exploratorio para encontrar y eliminar registros incompletos, inexactos o incorrectos, “porque los métodos jerárquicos no tienen solución con valores perdidos y los valores atípicos deforman la distancia y producen clústeres unitarios” (Pérez, 2013, p. 279). A continuación, la Tabla 1 muestra el número de registros eliminados:

Tabla 1
Resumen general de los datos eliminados

| Cientes con transacción | 2022 2S | 2023 1S | 2023 2s |
|--|----------------|----------------|----------------|
| Total de registros | 730 | 961 | 553 |
| Total de registros eliminados | 3 | 37 | 19 |
| Porcentaje de representación de los registros eliminados | 0.41% | 3.85% | 3.44% |
| Total de registros limpios | 727 | 924 | 534 |

Nota. La tabla muestra el total de registros y la eliminación de registros por la inexactitud en el montón. El porcentaje de eliminación es bajo con respecto al total de los registros por lo que supone no afecta el resultado de la investigación.

Paso 3.-Ejecución:

Fase I.- Exploración de los datos

Con apoyo del software R se realiza el análisis descriptivo. Se identifica que el 53.95% son empresas y el 37.41% dependencias o entidades; solo uno es asimilado PEP extranjero; de las 324 actividades económicas en su mayoría son de riesgo bajo siendo: 20 % Sociedades de inversión, 9% instituciones financieras del extranjero y 7% servicio de la banca privada y mixta múltiple, entre otras; la antigüedad en promedio es de 22 años siendo su máximo 123; la ubicación geográfica se concentra en Ciudad de México y Nuevo León; el origen y destino del recurso principalmente es en moneda nacional y el 3.5% de las transferencias son a Estados Unidos. Se utilizan entre una a dos contrapartes para la dispersión de los recursos. En cuanto al número de operaciones, el mínimo es una y en promedio entre tres y cuatro. Respecto del monto de operaciones se puede observar la existencia de un sesgo positivo, ya que los montos registrados hasta el tercer cuartil son menores con respecto al máximo.

Fase II.- Segmentación de los factores clientes, productos, canales y ubicación geográfica: Técnica de Segmentación e identificación de factores

Se considera la clasificación sugerida por Pardo (2020) que, con base en lo revisado en las investigaciones precedentes, se robustece el método cuantitativo para esperar mejores resultados en la segmentación:

- Paso 1: se realiza el análisis en ejes principales correspondiente, utilizando por un lado el método de correspondencia simple para la segmentación de productos, canales y la segmentación integral de los cuatro factores; el objetivo del análisis de correspondencias simples es describir las asociaciones entre las variables fila y columna para tener una visión de los datos para su interpretación; por otro, el análisis factorial múltiple para la segmentación geográfica y clientes, considerando que la tabla de datos es multivariada. El análisis de segmentación es realizado a través de una clasificación a partir de las coordenadas de los primeros ejes obtenidos de los análisis factoriales. Estos segmentos se conforman de tal manera que los elementos dentro de cada segmento sean lo más parecido posible y que los elementos de diferentes segmentos sean lo más diferente posible. En el análisis es muy importante el concepto de la inercia o varianza total de los elementos a segmentar. Esta inercia se divide en inercia intraclases o intragrupos (varianza de los integrantes de un mismo segmento) e inercia interclases o intergrupos (varianza entre los centros de cada uno de los segmentos).
- Paso 2: se selecciona el número de ejes para la clasificación considerando varias opciones, por un lado, analizando las varianzas de las dimensiones principales con la función eig, los valores propios corresponden a la cantidad

de información retenida por cada dimensión; por otro lado, observando el gráfico de valores propios de las varianzas ordenadas de mayor a menor con la función `fviz_screeplot` del paquete de Factoextra en la que visualmente permite seleccionar las dimensiones observando la curvatura en la barra “llamada codo”; Para el caso de los factores productos y canales, se apoya adicionalmente con la calidad de representación de las filas y columnas del coseno al cuadrado; la representación gráfica de los punto de la fila y columna del coseno al cuadrado con el paquete Corrplot y la contribución de las filas y columnas a fin de explicar la variabilidad en el conjunto de datos. Para el caso de los factores clientes y geografía para confirmar el número de dimensiones se apoya del paquete Factoextra, la cual proporciona una lista de matrices que contiene todos los resultados de las variables activas (coordenadas, correlación entre variables y ejes, coseno al cuadrado y contribuciones) y con la calidad de representación de las variables en el mapa de factores coseno al cuadrado con el paquete Corrplot.

- Paso 3: se realiza la clasificación jerárquica con el método de Ward sobre los “individuos” del paso anterior. Este método necesita nuevamente la selección de un concepto de similitudes, disimilitudes o de distancias. Adicionalmente se requiere la selección de una distancia entre segmentos. Para determinar qué individuos se unen primero, se requiere calcular la matriz de distancias entre todas las parejas de individuos. Al unir la primera pareja se llega a una partición de $n-1$ (donde n es el número de individuos a segmentar) segmentos, una de ellas con dos individuos. Se requiere calcular la distancia entre el nuevo segmento y los individuos restantes. Al unir los dos individuos más próximos se tiene una nueva matriz de distancias de tamaño $(n-1, n-1)$. Sobre esta matriz se vuelve a seleccionar la pareja más próxima continuando el algoritmo así hasta llegar a un solo segmento que contiene todos los individuos.
- Paso 4: se decide el número de clases y se corta el árbol, para ello se utiliza la clasificación jerárquica. El dendrograma representa una serie de segmentos incorporados, en donde el número de segmentos decrece a medida que la altura del árbol crece. Para obtener una cantidad de segmentos particulares, se hace un corte en el árbol. Este árbol se construye partiendo del conjunto global de los individuos (clasificación descendente) y realizando divisiones sucesivas hasta llegar a cada uno de los individuos.
- Paso 5: se realiza un K-means de consolidación partiendo de los centros de gravedad de la partición obtenida al cortar el árbol.
- Paso 6: los segmentos obtenidos se caracterizan mediante la comparación de las estadísticas descriptivas al interior de ellos, con las estadísticas de la población clasificada. Para las variables continuas se compara la media al interior del segmento con la media general. Los perfiles de cada segmento vienen acompañados de la obtención de estadísticas descriptivas en su interior (principalmente la media y la desviación estándar) así como, de las estadísticas descriptivas de las variables ilustrativas de los individuos que pertenecen a cada segmento.

Para el factor clientes, los datos establecidos por las disposiciones para el riesgo inherente son: Tipo de persona, PEP, antigüedad del tipo de persona y riesgo de la actividad económica; por sus características transaccionales: Destino y origen del recurso, número y monto de operaciones realizadas en el semestre, número de contraparte y país en el que realiza transferencia de fondos.

Para el factor producto, se obtuvo la tabla binaria elaborada por el personal de desarrollo de productos en conjunto con el personal de prevención del lavado de dinero de la institución financiera validada por el auditor externo en la que indicaron con uno si el producto presenta el riesgo y cero de no presentarlo. El riesgo considerando: El tipo de persona con que se puede operar, tipo de moneda, las jurisdicciones involucradas en su operación, la complejidad del producto, la participación de intermediarios financieros en su operación y si la operación se pudiera dar de manera conjunta con otros bancos de desarrollo en México.

Para el factor canal, la institución financiera dispersa y recibe recursos financieros de sus clientes con cinco modalidades. Se obtuvo la tabla binaria realizada previamente por el personal de flujo de fondos en conjunto con el personal de prevención del lavado de dinero validada por el auditor externo en la que indicaron con uno si el canal presenta riesgo y cero en caso de no presentarlo. El riesgo considerando: La facilidad para la identificación de terceros involucrados, si permite o no la colocación o recepción de recursos en moneda extranjera, si permite o no la movilidad de recursos hacia o del extranjero y el tipo de proceso (presencial o no presencial que da origen a la operativa del canal).

La segmentación del factor de ubicación geográfica se realiza considerando todos los Estados que compone México, debido a que se realizan las transacciones desde cualquier estado. Los indicadores de riesgo utilizadas para la segmentación son: Homicidio siendo el número de víctimas de homicidio doloso por cada 100,000 personas; crimen violento siendo el número de delitos violentos por cada 100,000 personas, incluyen: Robo, asalto, violencia sexual y violencia dentro de la familia; y crimen organizado, que se compone de extorsiones, delitos mayores, delitos de drogas al por menor delitos y secuestro o trata de personas ;(IEP, 2023).

Los indicadores están en una escala de uno al cinco, en el que uno representa la puntuación más pacífica y cinco la menos pacífica. El crimen organizado y el narcotráfico suelen utilizar la economía para lavar dinero y sobornar a las autoridades incrementando así la tasa de criminalidad y la corrupción en consecuencia la posibilidad de ser sentenciados. Por otro lado, se considera el índice de competitividad estatal, la competitividad es la capacidad que tiene el estado para generar, atraer y retener talento e inversión, lo cual se traduce en productividad y bienestar para los habitantes e inversores.

Fase III.- Medición y Clasificación del Riesgo considerando un indicador de anormalidad:

El nivel de riesgo indica que tan crítico es el cliente considerando las diferentes amenazas implicadas en cada factor. Para medirlo, se elabora una matriz con el resultado de la segmentación, en el que se considera el valor de uno para riesgo bajo, dos para riesgo medio y el valor de tres para riesgo alto.

La Tabla 2 muestra los resultados en los que se observa que los factores: Clientes se encuentran en niveles de riesgo bajo y medio; Productos en su totalidad son ubicados como riesgo medio; Canales y ubicación geográfica presentan grados de riesgo alto y medio.

Tabla 2
Grados de Riesgo de los clientes por semestre

| Factor | Periodo 2022 segundo semestre | Periodo 2023 primer semestre | Periodo 2023 segundo semestre |
|--------------------------|--|---|--|
| Cliente segmento 1 | 2 | 1 | 1 |
| Cliente segmento 2 | 1 | 2 | 2 |
| Cliente segmento 3 | 2 | 1 | 2 |
| Cliente segmento 4 | 2 | 1 | 1 |
| Producto segmento 1 | 2 | 2 | 2 |
| Producto segmento 2 | 2 | 2 | 2 |
| Producto segmento 3 | 2 | 2 | 2 |
| Producto segmento 4 | 2 | 2 | 2 |
| Canales segmento 1 | 2 | 2 | 2 |
| Canales segmento 2 | 3 | 3 | 3 |
| Canales segmento 3 | 2 | 2 | 2 |
| U. Geográfica segmento 1 | 2 | 2 | 2 |
| U. Geográfica segmento 2 | 3 | 3 | 3 |
| U. Geográfica segmento 3 | 3 | 3 | 3 |
| U. Geográfica segmento 4 | 2 | 2 | 2 |

La clasificación de riesgo es fundamental para asignar de forma eficaz los recursos disponibles de la institución financiera para mitigar el riesgo de LA/FT. Para clasificar al cliente por el grado de riesgo en cada semestre se realiza la suma del valor asignado en cada factor de riesgo, por lo que un nivel de riesgo alto su límite superior es 12 y el inferior 11; para riesgo medio alto su límite superior es 10 con un límite inferior nueve; riesgo medio su límite superior es ocho y límite inferior cinco; y para riesgo bajo es igual a 4. La Tabla 3 muestra el resumen de los resultados en los que se observa una mayor concentración de clientes en riesgo medio.

Tabla 3
Concentración de clientes en grados de riesgo por semestre

| Periodo | Riesgo bajo | Riesgo medio | Riesgo medio alto | Riesgo alto |
|-----------------------|------------------------|-------------------------|------------------------------|------------------------|
| 2022 segundo semestre | 0 | 326 | 401 | 0 |
| 2023 primer semestre | 0 | 850 | 74 | 0 |
| 2023 segundo semestre | 0 | 437 | 97 | 0 |

La segmentación integra individuos homogéneos permitiendo identificar a los individuos atípicos dentro del segmento. Para analizar el comportamiento anormal es común utilizar en la gestión de riesgo dos desviaciones estándar del promedio del monto operado; por lo que se aplica dentro de la investigación considerando que es el empleado en el modelo actual de la institución financiera. Se lleva a cabo una segmentación integral de los cuatro factores creando grupos homogéneos en su interior y heterogéneos en su exterior para posteriormente generar una tabla con las operaciones de monto máximo, monto promedio y el monto promedio más dos desviaciones estándar por cliente en los tres periodos para comparar el monto de la operación promedio más dos desviaciones estándar y la operación máxima llevada por el cliente con la del segmento y así estar en condiciones de sospechar de una operación inusual.

Resultados

Para el factor cliente, el resultado son cinco segmentos para 2022, cuatro para el primer y segundo semestre de 2023, como ejemplo, para el segundo semestre de 2023 la figura 1 muestra el primer plano factorial en el que se observa la conformación de cuatro grupos asociados y la figura 2 muestra el dendrograma con cuatro segmentos conforme al análisis realizado junto con los valores propios/varianzas de las componentes principales, la gráfica de valores con la técnica del codo y el gráfico de correlación de variables. La Tabla 4 muestra el resultado de la clasificación jerárquica con el método de Ward y optimización de las clases con K-means.

Figura 1

Representación gráfica de los datos en dos dimensiones

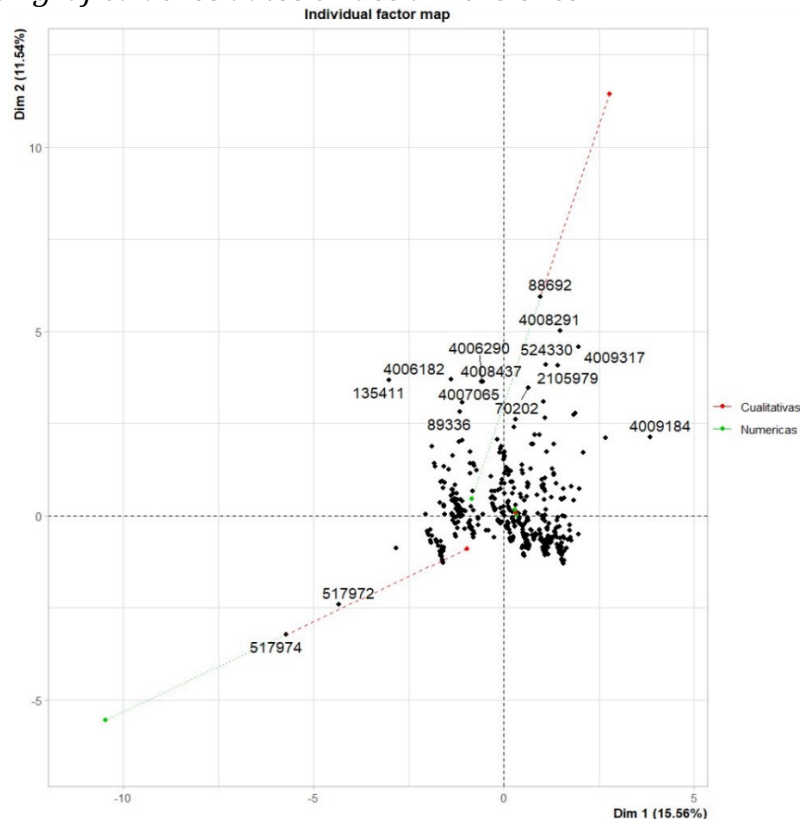


Figura 2
Representación gráfica del dendrograma

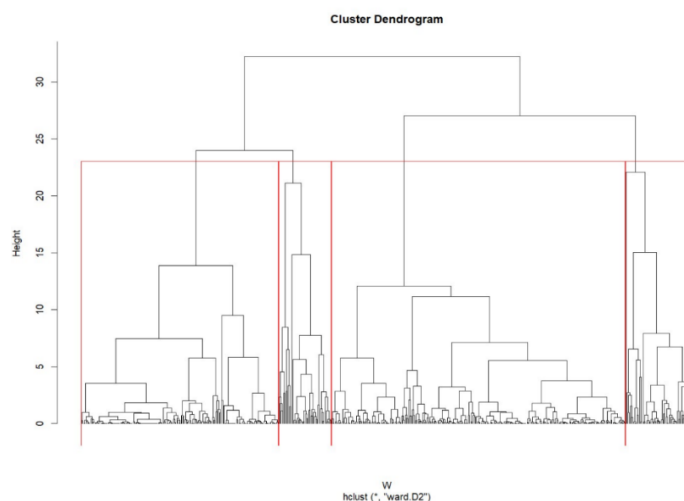


Tabla 4
Clasificación jerárquica con el método de Ward y optimización con K-means

| Método | Segmento uno | Segmentos dos | Segmento tres | Segmento Cuatro |
|---------|--------------|---------------|---------------|-----------------|
| Ward | 256 | 60 | 46 | 172 |
| K-means | 248 | 59 | 39 | 188 |

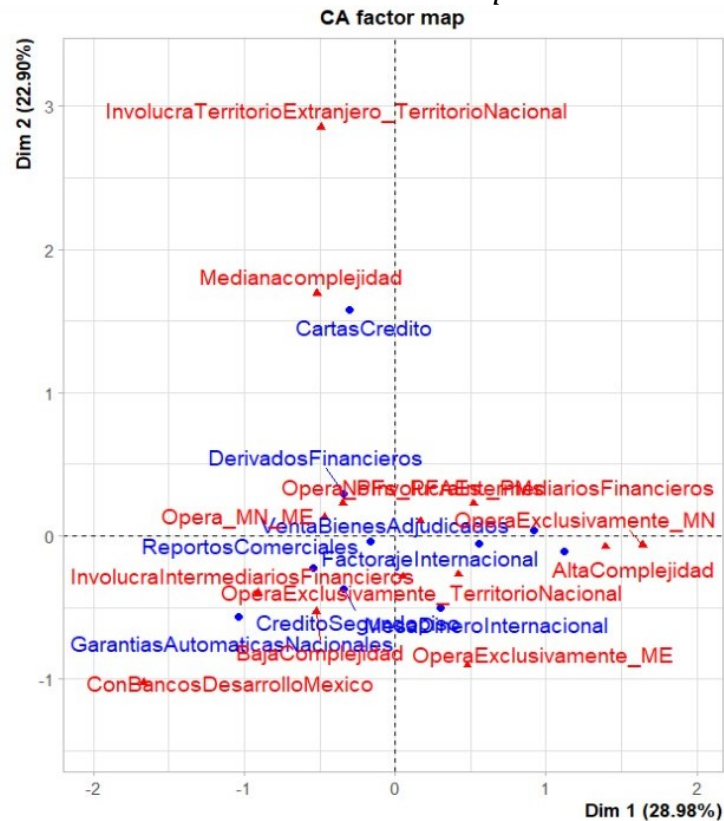
Los clientes que se agrupan en los diferentes segmentos en los tres semestres se parecen en su interior y se diferencian en su exterior, esto se corrobora con la estadística descriptiva que, por ejemplo, en el primer segmento agrupa el 46.44% del total de los clientes del segundo semestre de 2023 el 95.17% son empresas con el 57% del origen del recurso nacional y el 100% de su destino en moneda nacional; el riesgo de la actividad económica es medio; el número mínimo de operación es uno y su máximo 23; el promedio del monto de sus operaciones va a partir de \$1 hasta \$ 3,949,492,386 (MN) y el tercer segmento con el 35.21% de los clientes siendo el 91.44% dependencias y entidades con el 68% del origen del recurso extranjero y el 100% de su destino en moneda nacional; el riesgo de la actividad económica es baja; su número mínimo de operación es uno, pero su máximo es de 14 y el monto de sus operaciones van a partir de \$5,000 hasta \$286,160,000,000 (MN). Los clientes en el segundo segmento con características casi similares al primer segmento diferenciándose principalmente por el número y monto de la operación, sucede lo mismo para el tercer segmento con el cuarto segmento.

Para la segmentación de los productos, el plano factorial de la Figura 3 muestra que las cartas de crédito tiene riesgos diferentes respecto de los demás; así como, el de garantías automáticas nacionales y mesa de dinero internacional, se obtiene la calidad de las filas en la que resulta que nueve de los once productos están bien representados hasta la quinta dimensión al acercarse su suma a uno y solo dos: crédito de primer piso y reportos comerciales están lejanos; la gráfica de puntos de la fila en cinco dimensiones del coseno al cuadrado que muestra que sus valores mayores se encuentran dentro de las primeras cuatro dimensiones y la tabla de la contribución de las filas producto en porcentaje, que muestra los productos con mayor valor y que son las que más contribuyen a la definición de las dimensiones, siendo en la primera dimensión servicios fiduciarios y garantías automáticas nacionales y en la segunda dimensión cartas de crédito; por lo que respecta a la tabla de la calidad de las columnas la cual muestra si un riesgo está bien representado por las cinco dimensiones si la suma se acerca a uno, resultando que 12 de 14 están bien

representados y solo dos: opera en MN y ME; y opera exclusivamente ME están poco lejanos a uno y con la gráfica de los puntos de la columna en cinco dimensiones del coseno al cuadrado que muestra a todos los productos en el que se puede observar que sus valores mayores se encuentran dentro de las primeras tres dimensiones y el resultado por el algoritmo mixto son cinco segmentos obtenidos conforme con lo observado en el primer plano factorial y en el histograma junto con los valores propios/varianzas de las dimensiones principales y con la técnica del codo.

Figura 3

Primer plano factorial de los atributos de la variable producto



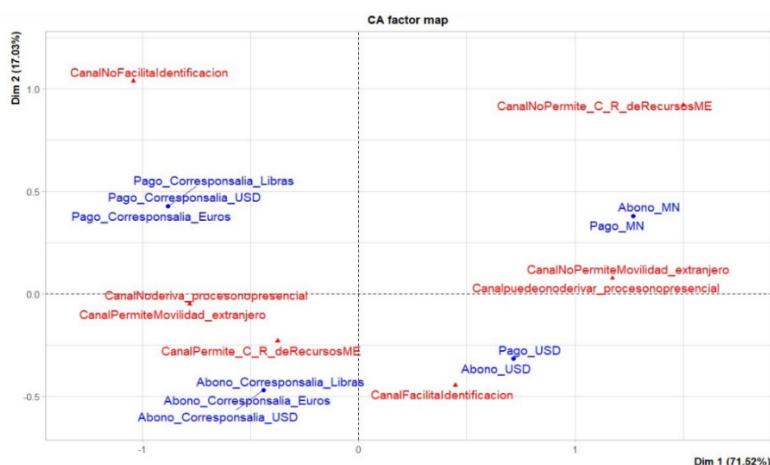
Con el resultado de la clasificación jerárquica con el método de Ward y optimización de las clases con K-means los productos contenidos en dos de los segmentos se parecen lo más posible diferenciándose de los tres productos que conformaron un segmento cada uno con base en el análisis realizado. Se evalúa la posibilidad de conformar cuatro segmentos en el que se observa que el producto de garantías automáticas nacionales forma parte del primer segmento afectando en la calidad de las filas.

Para la segmentación de los canales, el plano factorial de la Figura 4 muestra que los canales de pago de corresponsalía en libras, Euros y USD no facilitan la identificación, que los pagos y abonos en MN no permite la movilidad al extranjero y no son presenciales y que los abonos en corresponsalía en libras, Euros y USD y los pagos y abonos en USD facilitan la identificación de los clientes. Se obtiene la tabla del coseno al cuadrado de las filas canales, que muestra si un producto está bien representado por las tres dimensiones si la suma se acerca a uno, resultando que todos están bien representados, asimismo, la gráfica de los puntos de la fila en cinco dimensiones del coseno al cuadrado que muestra a todos los productos dentro de las tres dimensiones, la tabla de la contribución de las filas canales en porcentaje, que muestra los canales con mayor valor y que son las que más contribuyen a la definición de las dimensiones, siendo en la primera dimensión abono y

pago en MN y en la segunda dimensión los abonos en corresponsalía; resulta con las mismas técnicas la calidad de las columnas.

Figura 4

Primer plano factorial de los atributos de la variable canales

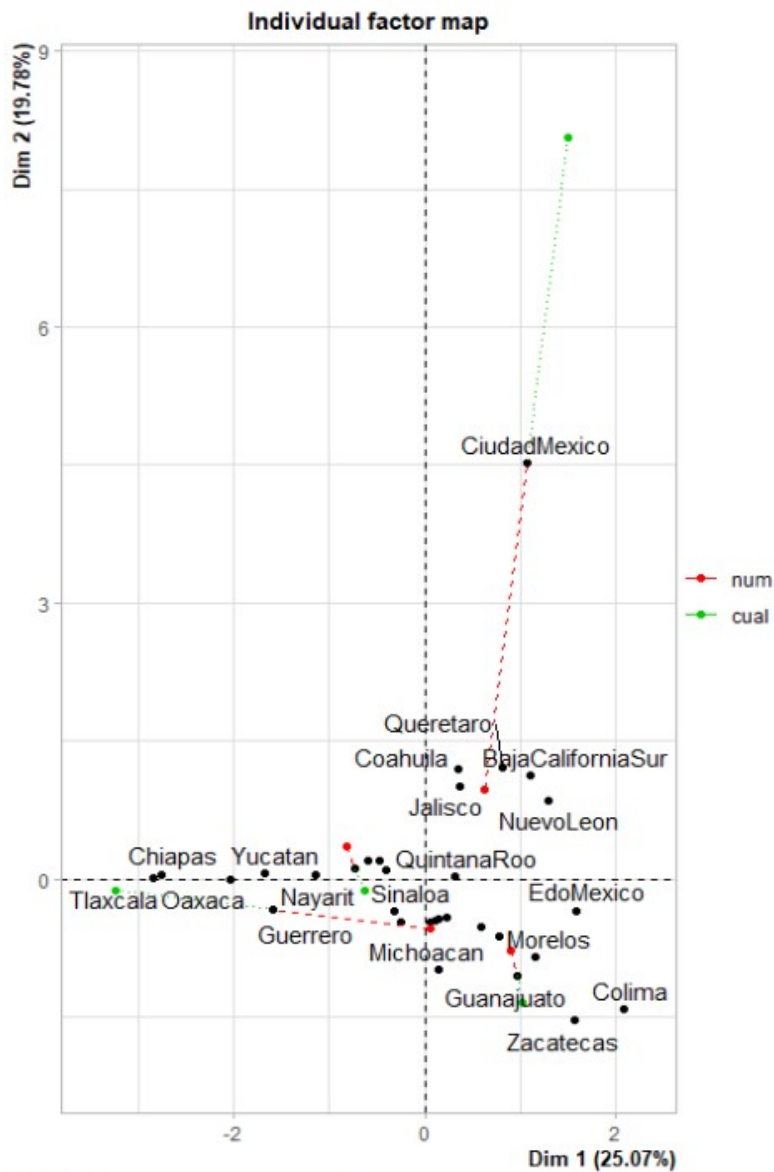


Con el método de Ward y optimización de las clases con K-means los canales contenidos en los tres segmentos se parecen lo más posible en su interior diferenciándose en su exterior con base en el análisis realizado. Se evalúa la posibilidad de conformar dos segmentos en el que se obtiene en el primer segmento a los pagos y abonos en MN y USD y en el segundo segmento los pagos y abonos en corresponsalía, este último se divide en dos en la propuesta; observando el diagrama simétrico del plano factorial el pago y abono en USD están más cercanos al abono en corresponsalía por lo que se supondría agrupaciones diferentes a las obtenidos, pero analizando la contribución y calidad de las filas y columnas en tres dimensiones se concluye que es la mejor opción.

La Figura 5 muestra el plano factorial de la ubicación geográfica que permite observar la conformación de cuatro grupos, los cuales se corroboraron con la obtención de los valores propios/varianzas, la gráfica de valores ordenadas de mayor a menor y la gráfica de puntos en las dimensiones del coseno al cuadrado que muestra que los mayores valores de las variables numéricas se encuentran en la primera y hasta la cuarta dimensión para la variable cualitativa y con el resultado de la clasificación jerárquica con el método de Ward y optimización de las clases con K-means las ubicaciones geográficas contenidas en los cuatro segmentos se parecen lo más posible en su interior diferenciándose en su exterior con base en el análisis realizado. Los segmentos de mayor riesgo son el segundo integrado por los estados de Baja California Sur, Coahuila, Jalisco, Nuevo León y Querétaro, los cuales se caracterizan por tener un índice de competitividad Alto; y el tercer segmento compuesto por los estados de Campeche, Colima, Guanajuato, Hidalgo, Michoacán, Morelos, Puebla, San Luis Potosí, Estado de México, Tabasco, Veracruz y Zacatecas. Se caracterizan por tener un índice de competitividad medio bajo y esto supone que es ocasionado por ser de los estados con mayor percepción en delincuencia e inseguridad; integra a la Ciudad de México con un índice de competitividad muy alto.

Figura 5

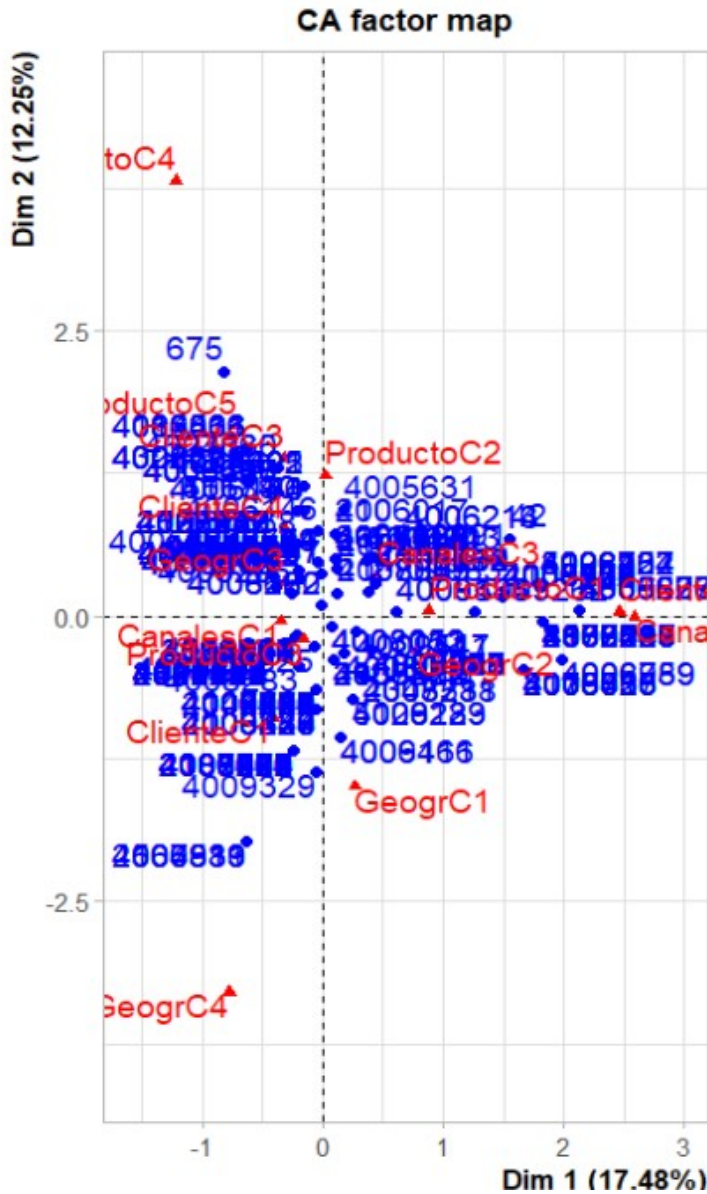
Primer plano factorial de los atributos de la variable ubicación geográfica



Para concluir se realiza la integración de la segmentación de los cuatro factores por cada semestre aplicando un análisis de correspondencias, la Figura 6 se muestra el plano factorial obtenido en el que se observan la concentración de la nube de puntos en cuatro grupos, los puntos y números de color azul representan las clientes, mientras que los de color rojo la ubicación de los factores de riesgo. Estos resultados fueron validados con el histograma junto con los valores propios/varianzas de las dimensiones principales y su gráfica con la técnica del codo y con el resultado de la clasificación jerárquica con el método de Ward y optimización de las clases con K-means.

Figura 6

Primer plano factorial de los cuatro segmentos del segundo semestre de 2023



La Tabla 5 muestra los resultados de los clientes que presentaron alerta y que considerando los montos agrupados de la segmentación se establece un umbral del monto máximo de operaciones en comparación con los del cliente en ese periodo y periodos anteriores lo que permite conocer la transaccionalidad del cliente y aceptar o rechazar la alerta y así reducir los falsos positivos.

Tabla 5
Cientes con alerta

| Periodo | Total | Con alerta | Confirma la alerta | Alerta riesgo medio | Alerta riesgo medio alto |
|-----------------------|-------|------------|--------------------|---------------------|--------------------------|
| 2022 segundo semestre | 727 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 2023 primer semestre | 924 | 518 | 14 | 13 | 1 |
| 2023 segundo semestre | 534 | 183 | 15 | 6 | 9 |

Discusión y conclusiones

En conclusión, México en relación con el LA/FT, de acuerdo con BASEL, enfrenta una situación de riesgo medio y, por lo tanto, requiere fortalecer sus estrategias de prevención, control y detección.

Para las organizaciones delictivas, las instituciones financieras son de utilidad e interés, ya que su conexión internacional les permite operar grandes cantidades de dinero por todo el mundo y así facilitarles su acción, es por ello la importancia y responsabilidad de las instituciones financieras de actuar de forma eficaz y oportuna en su gestión preventiva (Guevara y Flores, 2021, p. 5).

Se cumple con el objetivo y preguntas de investigación planteadas ya que la técnica de segmentación sugerida por Pardo (2020) permite agrupar, explicar y validar la integración homogénea en su interior y heterogénea en su exterior, así como medir y explicar el grado de riesgo final del cliente. Con los datos recopilados durante los tres periodos en conjunto con los valores agrupados en cada segmento permite establecer un umbral y comprar la transaccionalidad de los clientes para tener mayor conocimiento, comparabilidad y elementos para determinar la anormalidad de las operaciones y con ello decidir de una mejor manera las operaciones inusuales con un enfoque basado en riesgo y realizar una gestión de conocimiento más específica de los clientes.

Los resultados del método de segmentación propuesto reflejan un perfil de riesgo medio y alto de los clientes de la institución financiera en materia de lavado de dinero contrario al método actualmente utilizado en el que concentra en riesgo bajo. Esto es explicado por la posición geográfica de México y los riesgos derivados de la colindancia con otras jurisdicciones (Secretaría de Hacienda y Crédito Público, 2020) y los indicadores tomados de IEP (2023), así mismo, por los riesgos agrupados en los factores de productos y canales utilizados junto con las características inherentes y transaccionales de los clientes.

El presente artículo propone un modelo que considera las recomendaciones descritas en los informes del GAFI, mejores prácticas y las disposiciones nacionales; así como variables que no se habían incluido en estudios previos, la asignación de un grado de riesgo y umbrales para la identificación de operaciones sospechosas y por lo tanto mejorándolo.

Una de las limitaciones del modelo es la dependencia de la calidad de datos, por lo que se recomienda llevar a cabo el proceso de limpieza y; establecer y mantener adecuadamente la calidad de los datos para estar en condiciones de impedir el buen funcionamiento del Método, asimismo, es la ausencia de datos de clientes confirmados en lavado de dinero para conocer y validar el comportamiento del modelo.

Conviene recordar las directrices del BASEL (2020) en la que es fundamental que las instituciones financieras comprendan y documenten la actividad bancaria normal y la esperada de sus clientes. Esto permitirá establecer mecanismos efectivos para detectar las operaciones que se desvíen del patrón habitual de actividad bancaria.

Para investigaciones futuras, se sugiere incorporar indicadores de la actividad económica del país que permita compararlo con el comportamiento del cliente y del segmento y valorar si los incrementos o disminuciones son coherentes entre ellos para una mejora en el Método.

Referencias

- Basel Institute on Governance. (2020). *Sound management of risks related to money laundering and financing of terrorism: revisions to supervisory cooperation [Gestión adecuada de los riesgos relacionados con el blanqueo de capitales y la financiación del terrorismo: revisiones de la cooperación supervisora]*. <https://www.bis.org/bcbs/publ/d505.htm>
- Basel Institute on Governance (BASEL). (2022). *Basel AML Index 2022: 11th Public Edition - Ranking money laundering and terrorist financing risks around the world*. <https://baselgovernance.org/publications/basel-aml-index-2022>
- Basel Institute on Governance (BASEL). (2023). *Basel AML Index 2023: 12th Public Edition - Ranking money laundering and terrorist financing risks around the world*. <https://baselgovernance.org/publications/basel-aml-index-2023>
- Camacho, M., Rocha, J., & Segovia, M. (2021). Money laundering and terrorism financing detection using neural networks and an abnormality indicator. *Expert Systems with Applications*, 169, 114470. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.114470>
- Castro, N., & Castro, M. (2020). *Segmentación de clientes en un fondo de empleados para identificar los riesgos de lavado de activos y financiación del terrorismo*. <https://repository.libertadores.edu.co/items/04da680f-e224-4b18-a09f-9cce5ebc0706>
- Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV). (2020). *Guía para el Fortalecimiento del Régimen Preventivo de Lavado de Dinero y Financiamiento al Terrorismo, derivada de los Hallazgos recurrentes detectados durante los procesos de Supervisión: Apartado 3. Conocimiento del Cliente y Debida Diligencia Reforzada*. https://issuu.com/gmc360/docs/2020_07_15_gui_a_hallazgos_recurrentes
- Grupo de Acción Financiera de Latinoamérica (GAFILAT). (2021). *Análisis estratégico sobre el uso de Inteligencia Artificial, Minería de Datos y Análisis de Big Data en prevención y detección LA/FT (UIF/MP)*. <https://biblioteca.gafilat.org/?cat=17>
- Grupo de Acción Financiera de Latinoamérica (GAFILAT). (2023). <https://www.gafilat.org/index.php/es/inicio>
- Guevara Rabanal, M. L., y Flores Tananta, D. C. A. (2021). Lavado de activos y su relación con la rentabilidad, banco de la nación, 2020. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(5), 8212-8227. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i5.899
- Institute for Economics & Peace (IEP). (2023). *Mexico Peace Index 2023: Identifying and Measuring the Factors That Drive Peace*, Sydney, May 2023. <http://visionofhumanity.org/resources>
- Jovel, T. (2020). *Desarrollo de un modelo analítico para la segmentación de asociados en una cooperativa de ahorros y crédito*. [Tesis Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/79648>
- Martínez, G., Álvarez, Y. I., y Silva, H. (2022). Empresas y prevención del lavado de dinero en México. *3C Empresa. Investigación y pensamiento crítico*, 11(1), 67-83. <https://doi.org/10.17993/3cemp.2022.110149.67-83>
- Pardo, C. (2020). *Estadística descriptiva multivariada*. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/79914>
- Pérez, L. (2013). *Técnicas de Segmentación. Conceptos, herramientas y aplicaciones*. Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V
- Perez, L. (2020). *Metodología para segmentación de un SARLAFT*. https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/6168/Perez_Lincoln_Ernesto_2020.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Secretaría de Hacienda y Crédito Público. (2020). *Evaluación Nacional de Riesgos. Versión Pública del mes de septiembre de 2020.*
<https://www.pld.hacienda.gob.mx/work/models/PLD/documentos/enr2020.pdf>

Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP). (2022). *Disposiciones de Carácter General a que se refiere el Artículo 115 de la Ley de Instituciones de Crédito. Última Reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 03 de marzo de 2022.*
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/709513/DCG_Compiladas_Instituciones_de_Credito_08.03.2022.pdf

**DETERMINACIÓN DE MODELO PARA LA DISMINUCIÓN DEL
COSTO DE INVENTARIO EN EMPRESAS MANUFACTURERAS DE
AUTOPARTES**
**MODEL DETERMINATION FOR THE REDUCTION OF INVENTORY COSTS IN
AUTO PARTS MANUFACTURING COMPANIES**

Carolina Solís Peña

Universidad Autónoma de Nuevo León, México

[carolina.solispa@uanl.edu.mx] [<https://orcid.org/0000-0002-0918-1034>]

Juan Manuel Hernández Ramos

Universidad Autónoma de Nuevo León, México

[jmanuelhdz10@live.com.mx] [<https://orcid.org/0000-0003-0359-912X>]

Jhonathan Celestino Cuéllar

Universidad Autónoma de Nuevo León, México

[jhonathan.cuellarcls@uanl.edu.mx] [<https://orcid.org/0000-0001-6553-6189>]

Información del manuscrito:

Recibido/Received: 26/08/2024

Revisado/Reviewed: 05/02/2025

Aceptado/Accepted: 29/05/2025

RESUMEN

Palabras clave:

inventarios, cadena de suministro, costos.

La cadena de suministro es el conjunto de procesos que se desarrollan desde que se hace la solicitud del producto hasta que se entrega al cliente final, uno de los principales componentes de esta, es el área del almacén, el inventario al ser un activo corriente en el balance general es motivo de preocupación de las organizaciones. Debido a lo mencionado esta investigación tiene como objetivo determinar un modelo para disminuir los costos del inventario, a partir de la identificación de los factores que influyen en este. El estudio es cuantitativo, no experimental y transversal; para recabar los datos se aplicó un instrumento de medición a 37 empresas grandes, para el análisis de los datos se usó una regresión lineal múltiple y se encontró que, si el personal es competente y se aplican políticas de auditorías de inventario adecuadas para la organización, los costos de inventario disminuirán.

ABSTRACT

Keywords:

inventories, supply chain, costs.

The supply chain is the set of processes that develop from the request for the product until it is delivered to the final customer, one of the main components of this is the warehouse area, Inventory as a current asset in the balance sheet is a concern for organizations. Because of the above, this research aims to determine a model for reducing inventory costs, based on the identification of factors that influence it. The study is quantitative, non-experimental and cross-sectional; to collect data a measurement instrument was applied to 37 large enterprises, for analysis of the data a multiple linear regression was used, and it was found that, If the staff is competent and appropriate inventory audit policies are applied for the organization, inventory costs will decrease.

Introducción

La importancia de la gestión de los inventarios en la cadena de suministro

La administración de la cadena de suministro es un término que ha surgido en los últimos 60 años, abarca todas las actividades relacionadas con el flujo y transformación de los bienes, desde la etapa de la materia prima hasta el usuario final, así como los flujos de información relacionados con el manejo y gestión de la demanda (Ballou, 2004).

La cadena de suministro está conformada por las instalaciones, inventario, transportación, aprovisionamiento, planeación de la demanda, servicio al cliente, así como la fijación de precios.

Como se mencionó anteriormente una de las áreas de la cadena de suministro es la gestión de los inventarios; Estos son bienes materiales que se encuentran en la cadena de suministro y pueden ser encontrados como materia prima, producto en procesos y producto terminado (Chopra & Meindl, 2013).

La gestión de los inventarios consiste en determinar la cantidad a solicitar con el objetivo de evitar incurrir a costos innecesarios, como es el caso de obsolescencia, material dañado, así como costos generados por la gestión de estos. Por otro lado, la gestión de los inventarios dentro del almacén consiste en asegurar las existencias dentro del almacén, evitar tener discrepancias en el inventario que pudieran llegar a afectar la producción, y de estar manera incurrir a costos de expedición de material (Chang, 2017) (Chase, 2009).

Un inadecuado manejo y valoración de los inventarios puede contribuir a la quiebra de negocios y, por lo contrario, una buena valoración, administración y control contribuye al éxito empresarial. Hasta la década de los ochenta, el mantenimiento de grandes volúmenes de existencias se interpretaba como un signo de poder económico y buena administración, incluso en ocasiones se medía la solidez de una empresa por la cantidad de inventario que era capaz de almacenar. Los beneficios económicos que se pueden derivar de reducir los inventarios quedan claros con solo analizar las estadísticas siguientes: en Estados Unidos, el costo promedio de un inventario representa entre el 30 y 55 % de su valor. Estos costos se derivan de la obsolescencia, los seguros, los costos de oportunidad y demás (Duque Roldán, Osorio Agudelo, & Agudelo Hernández, 2010).

Izar (2011), se enfocó en identificar un modelo que disminuyera los costos de inventarios, en su investigación se planteó dos preguntas: ¿Cuánto debe de pedirse de un artículo dado al momento de colocar un nuevo pedido? ¿Cuándo es el momento de hacer un nuevo pedido?, para resolver estas preguntas uso el método híbrido, el cual considera la cantidad económica de pedido y el de descuentos por comprar volúmenes mayores por artículos, además de considerar el costo financiero de oportunidad que se tiene por tener inventarios en los almacenes que no generan alguna ganancia y a su vez el costo del faltante que ellos definieron como aquel que se deja de ganar por no tener el artículo en existencia, por otro lado el costo que no consideraron fue el asociado a la calidad; en la investigación concluyeron que la cantidad y el tiempo de pedido influyen significativamente en la reducción de los costos del inventario.

Por otro lado, para la administración del inventario ya en el almacén, se deben de establecer políticas para la clasificación de los materiales de acuerdo a su importancia, según la literatura esta clasificación suele ser en tres categorías ABC, en donde la clase A son muy importantes ya que representan el 80% de los costos del inventario, la clase B son moderadamente importante, representan un 15% y la clase C representan un 5%, se puede decir son los menos importantes, sin embargo, deben de auditarse, para evitar afectaciones de producción por la pérdida de ellos, en caso de que aún no hayan sido marcados como obsoletos (Park, 2014) (Sucky, 2005).

La política de clasificación de inventario a su vez se apoya de políticas de conteos cíclicos, los cuales tiene como función garantizar la veracidad del inventario. La frecuencia de estas auditorías es con base a como se tenga establecido en la organización, algunas organizaciones plantean que es necesario auditar a los materiales clase A cuatro veces al año, los clase B tres veces y los clase C una vez al año (Kok & Shang, 2014) (Wiffels, Giannikas, Woodall, McFarlane, & Lu, 2016).

El sector manufacturero de autopartes en Nuevo León

La población seleccionada para esta investigación fueron las grandes empresas manufactureras de autopartes; Esto debido a que se encuentran firmemente establecidas y generalmente son las que le invierten en cuestión de estrategias y tecnologías para hacer eficientes sus procesos.

De acuerdo con la INEGI (2023), la industria automotriz se encuentra delimitada de la siguiente manera: rama 3361 fabricación de automóviles y camiones, rama 3362 fabricación de carrocerías y remolques, rama 3363 fabricación de partes para vehículos automotores, y la rama 3369 fabricación de otro equipo de transportes.

Se puede destacar que según cifras de la encuesta mensual de la industria manufacturera (2019), la frontera norte de México representa un 50.6 % de la industria manufacturera de autopartes de México, mientras que el Bajío un 29.8%.

Para el año 2022, Nuevo León fue la tercera entidad con mayor inversión automotriz, generando de esta manera 7689 empleos y un área de construcción de 259,332 metros cuadrados durante el año mencionado (Cluster Industrial, 2023).

Objetivo de la Investigación

La población seleccionada para esta investigación fueron las grandes empresas manufactureras de autopartes; esto debido a que se encuentran firmemente establecidas y generalmente son las que le invierten en cuestión de estrategias y tecnologías para hacer eficientes sus procesos.

Justificación del estudio

Debido a la importancia de los inventarios y los costos de estos en esta investigación se aborda el problema de costo de los inventarios desde una perspectiva en donde se evalúe la percepción de los líderes de las organizaciones con respecto a la identificación de las variables que tienen un impacto en la gestión y costo del inventario, como se menciona en el apartado anterior se seleccionó Nuevo León debido a que es uno de los principales estados que se dedica al sector mencionado.

Marco Teórico

Debido a la importancia en costos que tiene el manejo de los inventarios se han realizado numerosos estudios, para determinar cuáles son los factores que tienen un impacto en la gestión del inventario.

Gestión de la Demanda

Para reducir los costos asociados a los inventarios se debe de tener una correcta gestión de la demanda, la cual consiste en desarrollar actividades que permitan gestionar las fuentes de la demanda entre cliente y proveedor, con el objetivo de comprar lo necesario y de esta manera dejar de incurrir en costos de administración del inventario (Vollman , Matzke, Grunewald, & Spengler , 2013).

La gestión de la demanda para la producción puede variar según la organización, principalmente se debe de conocer la demanda del producto final (demanda independiente), en otras palabras, aquel que será vendido al mercado meta, y a partir de ello solicitar los materiales de acuerdo al bill of materials (demanda independiente) (Leal & Olivia, 2012) (Gutierrez & Vidal, 2008). Después de la identificación de la demanda dependiente y de la independiente se determina que método es el que se usara para la correcta planeación del inventario, el cual puede ser un pronóstico móvil simple, producción lote por lote, cantidad económica de pedido, regresión lineal simple o solo producir lo que se necesita; Esto último con el objetivo de reducir los costos generados por los inventarios (Bustos & Chacon , 2012).

Tecnologías de Información

Por otro lado, otros autores indican que el uso de las tecnologías de información como el Enterprise resource planning, material requirements planning, warehouse management system, radio frequency identification, código de barras o el código qr, tienen un ahorro del 16% en el costo generado por el manejo de los materiales en la cadena de suministro (Byrne & Heavey, 2006).

Competencia del Recurso Humano

De igual manera, otros autores indican que los empleados son considerados como la fuente de creación de valor en la gestión de los inventarios, pero para que esto pueda suceder es necesario mencionar el concepto de competencia enfocada a la gestión de los inventarios (Palsaitis, Ciziuniene, & Vaiciute, 2017).

Así mismo se han realizado estudios cualitativos enfocados en el análisis de la metodología justo a tiempo, en donde se aplicó una encuesta de un total de 30 ítems a gerentes e ingenieros. La encuesta tenía como objetivo analizar el impacto entre el recurso humano y procesos de producción, el impacto del recurso humano y la gestión de los inventarios, el impacto del recurso humano y el rendimiento económico, así como el inventario y su impacto en el rendimiento económico, el impacto de los procesos de producción en el inventario y en el rendimiento económico. Para realizar la investigación se usaron las ecuaciones estructurales y se determinó que hay un impacto por parte del recurso humano en los procesos productivos, en la gestión del inventario y en el desempeño de la organización (García, et al., 2015).

Operacionalización de las Variables e Hipótesis

En la tabla 1 se muestran las definiciones de las variables que se estarán usando en esta investigación.

Tabla 1
Tipos de Variables

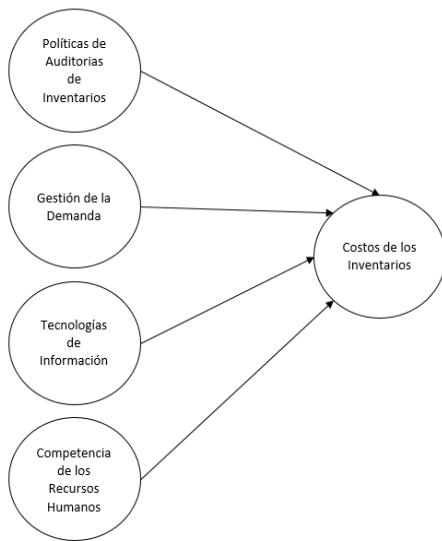
| | Variable | Definición | Autor |
|----|--|--|--|
| X1 | Competencia del recurso humano involucrado en la gestión del inventario. | Una competencia es un conjunto de habilidades a desarrollar. | Palsaitis, Ciziuniene, & Vaiciute, (2017) |
| X2 | Sistemas de información involucrados en el manejo del inventario. | Los sistemas de información son apoyan al flujo de la información si no que mejoran el desempeño de la cadena de suministro. | García, et al., (2015) |
| X3 | Gestión de la demanda | Consiste en determinar de manera óptima la producción de demanda externa y la cantidad de materiales a solicitar. | Vollman (2013) |
| X4 | Políticas de auditorías del inventario | Son herramientas que tienen como objetivo manera la veracidad del inventario. | Wiffels, Giannikas, Woodall, McFarlane, & Lu, (2016) |
| Y1 | Costos de los Inventarios | Hace referencia a todos aquellos costos que ocasiona el mantenimiento del inventario. | Gutierrez & Vidal, (2008) |

Hipótesis

De acuerdo con la literatura presentada en la introducción y en el marco teórico se puede destacar que existen cuatro variables que tienen un impacto en la disminución de los costos ocasionados por la gestión de los inventarios. A continuación, se presentan las hipótesis de la investigación que serán probadas mediante una regresión lineal múltiple con el objetivo de establecer el modelo que se mencionó en el objetivo de la investigación. Se tomó la decisión de no colocar la dirección del impacto en las hipótesis, ya que se sabe que un impacto negativo generaría una recomendación al igual que el positivo; En la figura 1, se puede mostrar la interacción de las hipótesis.

- Las políticas de auditorías de inventario tienen un impacto en los costos de los inventarios.
- La gestión de la demanda tiene un impacto en los costos de los inventarios.
- Las tecnologías de información tienen un impacto en los costos de los inventarios.
- La competencia del recurso humano tiene un impacto en los costos de los inventarios.

Figura 1
Modelo grafico de las hipótesis



Método

La población seleccionada fueron las grandes empresas de autopartes, las cuales según la INEGI (2018) son aquellas que cuentan con más de 250 trabajadores teniendo como resultado 47 empresas en Nuevo León México. Para llevar a cabo la aplicación del instrumento de medición se usó un 95% de confianza, lo cual indica que se tiene un margen de error del 5%, teniendo como resultado que la encuesta se debe de aplicar a 31 empresas. El tipo de muestra no fue probabilística ya que las empresas a las que se les envió el instrumento fueron seleccionadas por los autores.

El tipo de investigación para este estudio es de carácter cualitativo, correlacional, explicativo, no experimental, transversal y causal.

Posterior a la revisión de la literatura presentada en la introducción y en el marco teórico se elaboró un instrumento de medición denominado “Variables que impactan en los costos de inventario desde una perspectiva de los líderes en cadena de suministro”, el instrumento de medición se dividió en dos secciones, en donde la primer sección se cuestionó por datos como sexo, edad y escolaridad de quien estaba contestando el cuestionario, esto con la finalidad de dar una descripción del sujeto de estudio; y la segunda sección compuesta por 36 ítems, consistió en el cuestionario que recabaría la información para la elaboración del modelo con las variables que tienen un impacto en los costos generados por la administración del inventario. En la tabla II, se muestra el tipo de variable, como se lleva a cabo su medición, así como la cantidad de ítems por variable y la escala usada, la cual en este caso fue escala de Likert del 1-7.

Tabla 2
Tipos de Variables

| Variable Dependiente / Independiente | Variable | Tipo de Variable. | de Medición | Ítems |
|--------------------------------------|--|----------------------------|----------------------|---------------|
| X1 | Competencia del Recurso Humano | Variable Ordinal, Discreta | Escala de Likert 1-7 | CRH1 - CRH11. |
| X2 | Tecnología de la Información | Variable Ordinal, Discreta | Escala de Likert 1-7 | SI12- SI17 |
| X3 | Políticas de auditorías de inventarios | Variable Ordinal, Discreta | Escala de Likert 1-7 | PAI18- PAI23 |
| X4 | Gestión de la Demanda | Variable Ordinal, Discreta | Escala de Likert 1-7 | GD24 - GD30 |
| Y1 | Costos de los Inventarios | Variable Ordinal, Discreta | Escala de Likert 1-7 | CI35 - CI41 |

Prueba Piloto

Por otro lado, para comprobar la confiabilidad del estudio, la cual hace referencia al grado en que su aplicación repetida al mismo individuo u objeto produce resultados iguales (Hernández, 2014). Para evaluar la confiabilidad del instrumento de medición se usó el Alpha de Cronbach, obteniendo los resultados mostrados en la tabla III, en donde se puede destacar que las variables cumplen con el requisito mencionado.

Tabla 3
Análisis Alpha de Cronbach

| Variable | Alpha de Cronbach |
|---|-------------------|
| Competencias del Recurso Humano involucrado en la gestión del Inventario. | 0.856 |
| Sistemas de Información involucradas en la gestión del Inventario. | 0.743 |
| Políticas de Auditorías del Inventario. | 0.796 |
| Gestión de la Demanda | 0.766 |
| Costo de los Inventarios | .741 |

Como se mencionó anteriormente para llevar a cabo el análisis de los datos recabados mediante la encuesta se usó el método de regresión lineal múltiple, el cual permite determinar la correlación entre las variables independientes y dependientes (Montgomery, 2004).

Resultados

El estudio consistió en 42 encuestas realizadas a las empresas grandes dedicadas a la manufactura de autopartes en el área metropolitana de Monterrey; Según la INEGI (2018) una industria grande es aquella que tiene más de 250 trabajadores; De estas 42 empresas solo se consideraron 37 encuestas para el estudio, debido a que al analizarles en el software IBM SPSS 21 cinco de ellas fueron respondidas de manera atípica.

En la tabla IV, se puede observar la distribución por sexo de los líderes que contestaron el instrumento de medición; Se puede destacar que un 64.864% son hombres y un 35.13% son mujeres.

Tabla 4

Distribución por sexo de la muestra encuestada. Costo del Inventario

| Sexo | Cantidad | % |
|---------|----------|--------|
| Mujeres | 13 | 35.13 |
| Hombres | 24 | 64.864 |
| Total | 37 | 100% |

Regresión lineal múltiple con los datos de muestra.

El tipo de investigación para este estudio es de carácter cualitativo, correlacional, explicativo, no experimental, transversal y causal.

Como se mencionó anteriormente para el análisis de los datos se usó la regresión lineal múltiple, la cual es una técnica estadística utilizada para estudiar la relación entre variables independientes y dependientes. Por otro lado, la regresión lineal múltiple se debe de cumplir las siguientes suposiciones: linealidad, la independencia, homocedasticidad, y la normalidad (Baños, Torrado, & Alvarez, 2019).

Para el análisis de los datos se usó el software IBM SPSS Statistics 21, en donde se optó por el uso del método por pasos sucesivos, esta técnica consiste en analizar cada variable independiente e introducirla en la ecuación si su probabilidad de F es suficientemente pequeña, en caso de que haya variables ya introducidas en su ecuación y que la F sea grande se eliminan. El proceso acaba cuando ya no hay más variables por ser incluidas o eliminadas (IBM, 2023).

Para esta investigación se realizaron varios análisis, en donde se detectaron casos atípicos u outliers, los cuales son aquellas observaciones que tienen características significativamente diferentes a de las demás. El principal problema de los outliers radica en que son elementos que no son representativas y pueden distorsionar el resultado de la investigación. Los casos atípicos ubicados fueron las encuestas 14, 23, 34, 26 y 38, en cuanto a los cinco outliers eliminados se puede observar que quienes contestaron las encuestas no contaban con amplia experiencia como líderes en la cadena de suministro.

Con el objetivo de probar la adecuación del modelo en la tabla V, se puede observar, que se obtuvo una R cuadrada de .567, lo cual indica que el 56.7 % de la variabilidad en la variable dependiente puede explicarse mediante las variables independientes en el modelo propuesto, mientras que el resto es debido a otras causas no explicadas en el modelo.

De igual manera en la tabla V, se utiliza el Durbin Watson para comprobar la independencia de los datos, este indicador tiene valores permitidos entre 1.5 y 2.5, para este estudio se obtuvo un valor de 1.509, lo cual indica que no hay auto correlación entre los residuos.

Tabla 5

Resumen de los modelos con 37 datos

| Modelo | R | R ² | Error estándar | Durbin Watson |
|--------|------|----------------|----------------|---------------|
| 1 | .753 | .567 | .6628 | 1.509 |

De acuerdo con el resumen del análisis de varianza ANOVA presentado en la tabla VI se puede observar la significancia del modelo $p < 0$ y una F de 22.26, la cual significa el contraste

de la hipótesis nula de que el valor poblacional de R es cero y, por tanto, nos permite decidir si existe relación lineal significativa entre la variable dependiente y el conjunto de variables independientes.

Tabla 6
ANOVA

| Modelo | Suma de Cuadrados | de Grados de Libertad | de Media cuadrada | F | Significancia |
|-----------|-------------------|-----------------------|-------------------|--------|---------------|
| Regresión | 19.56 | 2 | 9.783 | 22.267 | .000 |
| Residual | 14.937 | 34 | .439 | | |
| Total | 34.503 | 36 | | | |

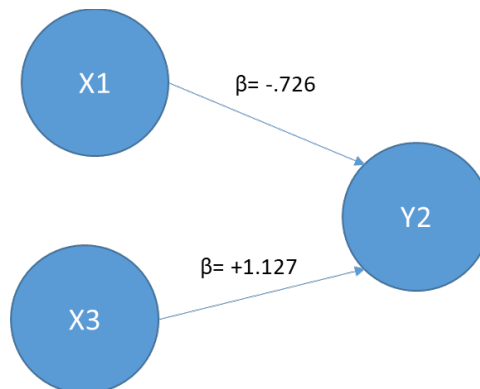
Por otro lado, se llevó a cabo el análisis de la T student, en donde se puede destacar que de las cuatro variables presentadas dos de ellas tienen un impacto significativo en la variable costo de los inventarios, esta información puede observarse en la tabla VII, en donde la variable competencias del recurso humano y políticas de auditorías de los inventarios son las variables que tienen significancia en el problema de investigación, es necesario aclarar que esta significancia puede ser de dirección negativa como es el caso para competencia del recurso humano, y de manera positiva como es el caso de políticas de auditorías de los inventarios.

Tabla 7
Coefficientes del modelo

| | B | Error Estándar. | Coefficiente Estándar de Beta | T | Sig. |
|---------------------------------------|-------|-----------------|-------------------------------|--------|------|
| Constante | .106 | .110 | | .968 | .340 |
| Políticas de Auditorías de Inventario | 1.137 | .173 | 1.127 | 6.586 | .000 |
| Competencia del Recurso Humano | -.675 | .159 | -.726 | -4.242 | .000 |

Finalmente se presenta el modelo resultante de la investigación en la figura 3. En donde la X1 es competencia del recurso humano empleado para la gestión de los inventarios, X3 es políticas de auditorías de los inventarios y la Y2 es costo de los inventarios.

Figura 2
Modelo propuesto en la investigación



La ecuación 1 muestra al modelo de regresión lineal múltiple. En donde Y1 es la variable dependiente costo del inventario, y las variables independientes son la X1 Competencias del recurso humano, y X3 Política de Auditoria de los Inventarios con un error estimado del .110.

$$Y1 = .110 - .726X1 + 1.127X3. (1)$$

Comprobación de las hipótesis.

Como se puede observar en la tabla VII se aceptan dos de las cuatro variables propuestas de acuerdo con lo planteado con base a la literatura.

Tabla 8

Aceptación o Rechazo

| Variables | Beta | T student | P value | Acepta o Rechaza |
|--|-------|-----------|---------|------------------------|
| Competencia del recurso humano | -0726 | -4.242 | 0.00 | Acepta |
| Sistemas de Información | | | | Rechaza |
| Políticas de Auditorias del Inventario | 1.127 | 6.586 | .00 | Acepta |
| Gestión de la Demanda | - | - | - | Rechaza |

Discusión y conclusiones

Como se puede observar los costos de los inventarios son una de las mayores preocupaciones de la cadena de suministro. El tener un buen manejo de los inventarios ayudará a evitar gastos que no se encuentran planificados por la organización; como por ejemplo materiales expeditados, manejo del inventario obsoleto y su excedente. De acuerdo con la literatura analizada se presentaron cuatro variables que impactan en los costos de los inventarios, las competencias del recurso humano, la gestión de la demanda, la tecnología de información, así como las políticas de auditoría del inventario. En esta investigación a partir del análisis estadístico de los datos recabados, se determinó que las variables que impactan en el problema son las políticas de auditorías del inventario y las competencias del recurso humano, teniendo la primera un impacto positivo y la segunda un impacto negativo, esto se traduce en que si la organización establece política para la administración del inventario dentro del almacén, los costos se verán reducidos; en contraste con la variable de las competencias del recurso humano la cual tuvo un impacto negativo. En el caso de la variable que tuvo un impacto negativo se considera que se debe desarrollar con mayor profundidad y acorde a las características del sujeto de estudio, con el objetivo de determinar que competencias específicas tendrían un impacto positivo, ya que cada sector manufacturero es diferente, de igual manera es necesario mencionar que a mayor manipulación por el recurso humano, posiblemente se tengan más errores en los procesos.

Por otro lado, de acuerdo con el análisis realizado, dos variables no tuvieron impacto en el problema de investigación. Estas variables fueron las tecnologías de información y la gestión de la demanda, aun cuando en la literatura se menciona que son fundamentales para la gestión del inventario.

Se considera que, el sujeto de estudio al tener un mercado con una demanda estable, ya que la mayoría de los proveedores tienen sus requerimientos en firme mínimo dos meses de anticipación hace que la opinión del sujeto de estudio se incline por considerar que la variable de gestión de la demanda no tenga impacto, sin embargo, si este estudio se realiza en otro mercado, podría tener otra percepción y de esta manera considerar nuevas líneas para profundizar sobre esta variable y su impacto en el costo de los inventarios. De igual manera, las tecnologías de información tomarán relevancia con la incorporación de la industria 4.0 en las prácticas de manufactura, no solamente en la parte de inventarios sino en toda la cadena de valor de las organizaciones, siendo clave profundizar en esta variable bajo diferentes perspectivas para futuros trabajos que sean de beneficio para la toma de decisiones en las organizaciones.

Se buscará desarrollar este tema en ramas específicas de manufactura, con la intención de profundizar si las empresas comparten factores organizaciones o si la naturaleza de estas hace diferencia al momento de mejorar sus cadenas de valor; estos trabajos permitirán establecer un posible camino a seguir para que las organizaciones tengan un mejor desempeño de sus indicadores claves.

Referencias

- Ballou, R. (2004). *Logística, administración de la cadena de suministro*. Pearson.
- Baños, R., Torrado, M., & Alvarez, M. (2019). Análisis de regresión lineal múltiple con SPSS: un ejemplo práctico. *REIRE Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 1-10.
- Bustos, C., & Chacon, G. (2012). Modelos determinísticos de inventarios para demanda independiente. Un estudio de Venezuela. *Contaduría y Administración*, 53(3), 239-258.
- Byrne, P., & Heavey, C. (2006). The impact of information sharing and forecasting in capacitated industrial supply chains: A case study. *International Journal Production Economics*, 103(1), 420-437. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2005.10.007>
- Chang, R. (2017). Robust analysis of inventory management. *Journal of interdisciplinary mathematics*, 4, 1089-1099. <https://doi.org/10.1080/09720502.2017.1358884>
- Chase, B. (2009). *Administración de las operaciones*. Casos y conceptos contemporáneos. McGrawHill.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2013). *Administración de la cadena de suministro*. Pearson.
- Cluster Industrial. (31 de Enero de 2023). Obtenido de Cluster Industrial: <https://www.clusterindustrial.com.mx/noticia/5794/nuevo-leon-fue-la-tercera-entidad-con-mayor-inversion-automotriz-en-2022>
- DENUE INEGI. (01 de 01 de 2023). Obtenido de DENUE INEGI: <https://www3.inegi.org.mx/sistemas/mapa/denue3d/Cuantificar.aspx>
- Duque Roldán, M. I., Osorio Agudelo, J. A., & Agudelo Hernández, D. M. (2010). Los inventarios en las empresas manufactureras, su tratamiento y su valoración. Una mirada desde la contabilidad de costos. *Contaduría Universidad de Antioquia*, 56, 61-79.
- Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera (EMIM)-2007-2019. (01 de 01 de 2019). Obtenido de Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera (EMIM)-2007-2019: <https://www.inegi.org.mx/programas/emim/2007/>
- García, A., Prieto, D., Maldonado, A., Blanco, J., Jiménez, E., & Moreno, J. (2015). Structural equation modeling to identify the human resource value in the JIT implementation: case

- maquiladora sector. *International Journal Adv Manufacturing Tecnology*, 77, 1483-1497. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-014-6561-5>
- Gutiérrez, V., & Vidal, C. (2008). Modelos de gestión de inventarios en cadenas de abastecimiento. Revisión de la literatura. *Revista de la facultad de ingeniería de la universidad de Antioquia*, 43, 134-149.
- Hernández, S. (2014). Metodología de la Investigación. Mc Graw Hill.
- IBM. (04 de 08 de 2023). Obtenido de IBM Métodos de selección de variables en el análisis de regresión lineal: <https://www.ibm.com/docs/es/spss-statistics/saas?topic=regression-linear-variable-selection-methods>
- Izar, J., & Ynzunza, C. (2011). Determinación del Costo del Inventario con el método híbrido. In *Conference: XV Congreso Internacional de la Academia de Ciencias Administrativas AC*.
- Kok, A., & Shang, K. (2014). Evaluation of cycle-count policies for supply chains with inventory innaccuracy and implications on RFID investments. *European Journal of Operation Research*, 237(1), 91-105.
- Leal, A., & Olivia, K. (2012). Criterios para la gestión de sistemas de inventario. *Tecnocientífica*, 1-12.
- Montgomery, D. (2004). Diseño y Análisis de Experimentos. LIMUSA.
- Palsaitis, R., Ciziuniene, K., & Vaiciute, K. (2017). Improvement of Warehouse Operations Management by Considering Competencies of Human Resources. *Procedia Engineering*, 604-613.
- Park, J. (2014). Cross evaluation based weighted linear optimization for multicriteria. *Computer and Industrial Engineering*, 76, 40-48. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2014.07.020>
- Sucky, E. (2005). Inventory Management in supply chains: A bargaining problem. *International Journal of Production Economics*, 93-94, 253-262. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2004.06.025>
- Vollman, T., Matzke, A., Grunewald, M., & Spengler, T. (2013). Planning of capacities and orders in build to order automobile production. *European Journal Operation Research*, 224(2), 240-260. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.07.034>
- Wiffels, L., Giannikas, v., Woodall, P., McFarlane, D., & Lu, W. (2016). An enhanced cycle counting approach utilising historical inventory data. *IFAC- Papers On Line*, 1347-1352.

ENFOQUES UTILIZADOS EN LAS EMPRESAS TRADICIONALES Y DIGITALES PARA EL FORTALECIMIENTO EMPRESARIAL: REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LITERATURA
APPROACHES IN TRADITIONAL AND DIGITAL COMPANIES FOR BUSINESS DEVELOPMENT: SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

Ronald Steven Flórez Ortega¹

Universidad Autónoma de Occidente, Colombia

[rsflorez@uao.edu.co] [<https://orcid.org/0009-0003-2330-2802>]

Brenda Bravo Diaz

Instituto Politécnico Nacional, México

[bbravod@ipn.mx] [<https://orcid.org/0000-0001-7553-8321>]

Leidy Lorena Diaz-Ordoñez

Universidad ICESI, Colombia

[lldiaz@icesi.edu.co] [<https://orcid.org/0000-0002-3140-6332>]

Información del manuscrito:

Recibido/Received: 13/01/2025

Revisado/Reviewed: 28/01/2025

Aceptado/Accepted: 13/02/2025

RESUMEN

Palabras clave:

estrategia, digital, tradicional, empresa, emprendimiento.

Las estrategias empresariales son una combinación de acciones adoptadas para análisis de datos financieros, de mercado y de rendimiento con la finalidad de impactar en los resultados de una organización. Dada la diversidad de enfoques para el fortalecimiento empresarial y las múltiples alternativas de emprendimiento, esta investigación se centró en comparar las estrategias empleadas por empresas digitales y tradicionales. Las primeras muestran una marcada dependencia tecnológica para responder con agilidad al mercado global, mientras que las segundas se caracterizan por prácticas convencionales y relaciones presenciales.

El principal objetivo fue identificar y analizar las estrategias clave propuestas para ambos tipos de empresas, basándose en una revisión bibliográfica de artículos publicados entre 2020 y 2023. Para ello, se llevó a cabo una búsqueda en Scopus y Web of Science, siguiendo los lineamientos PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Posteriormente, se seleccionaron 20 artículos pertinentes, tras la eliminación de duplicados y estudios no relacionados con el objeto de investigación. El análisis comprendió la evaluación de similitudes y diferencias en las prácticas organizacionales, permitiendo establecer un marco comparativo para el desarrollo empresarial.

Los hallazgos evidenciaron seis estrategias relevantes: tres para empresas digitales y tres para empresas tradicionales; aportando herramientas prácticas para consultores, docentes y emprendedores. Asimismo, estos resultados pueden orientar la

¹ Autor de correspondencia.

toma de decisiones gubernamentales en la definición de políticas públicas, fomentando la competitividad, la innovación y el crecimiento sostenible en ambos tipos de organizaciones.

ABSTRACT

Keywords:

strategy, digital, traditional, company, entrepreneurship

Business strategies are a set of actions adopted to analyze financial, market, and performance data with the aim of influencing an organization's results. Given the diverse approaches to business strengthening and the multiple entrepreneurial alternatives available, this study focused on comparing the strategies employed by digital and traditional companies. The former exhibit a marked reliance on technology to swiftly adapt to the global market, while the latter are characterized by conventional practices and face-to-face interactions.

The main objective was to identify and analyze key strategies proposed for both types of companies, based on a bibliographic review of articles published between 2020 and 2023. To achieve this, a search was conducted in Scopus and Web of Science, following the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) guidelines. Subsequently, 20 relevant articles were selected after removing duplicates and excluding studies not aligned with the research objectives. The analysis involved evaluating similarities and differences in organizational practices, thereby establishing a comparative framework for business development.

The findings revealed six relevant strategies: three for digital companies and three for traditional companies; providing practical tools for consultants, educators, and entrepreneurs. Moreover, these results can guide government decision-making in defining public policies, promoting competitiveness, innovation, and sustainable growth in both types of organizations.

Introducción

Las empresas digitales y tradicionales representan dos paradigmas distintos en el mundo empresarial, cada uno con características únicas que reflejan las tendencias y avances tecnológicos de su época. Una empresa digital se define por su dependencia y aprovechamiento de las tecnologías de la información y la comunicación para operar, crecer y competir en el mercado. Estas compañías basan su modelo de negocio en plataformas en línea, datos masivos, automatización y una fuerte presencia en el entorno virtual (Cáceres, 2022).

La importancia de las empresas digitales radica en su capacidad para adaptarse rápidamente a cambios en el mercado, aprovechar la analítica de datos para la toma de decisiones y alcanzar audiencias globales de manera eficiente. Su agilidad y enfoque en la innovación les permiten explorar nuevos modelos de negocio y responder de manera dinámica a las demandas del consumidor contemporáneo (Lemanowicz, 2015).

En contraste, las empresas tradicionales son aquellas que han desarrollado sus operaciones y estrategias sin una dependencia predominante de la tecnología digital. A menudo, estas organizaciones han establecido modelos de negocio arraigados en prácticas convencionales y relaciones presenciales. La importancia de las empresas tradicionales radica en su experiencia, relaciones consolidadas y conocimiento profundo de los mercados locales (Varela, 2014).

Las diferencias entre estas dos categorías son evidentes en sus estructuras operativas, estrategias de marketing y formas de interactuar con los clientes. Mientras que las empresas digitales tienden a ser ágiles, descentralizadas y orientadas a la experiencia del usuario, las tradicionales pueden ser más jerárquicas, lentas para adaptarse y centradas en relaciones a largo plazo (Delfín & Acosta, 2016).

A pesar de estas diferencias, ambas categorías comparten similitudes puesto que buscan la rentabilidad, la sostenibilidad y la satisfacción del cliente. En la era actual, una estrategia empresarial exitosa puede integrar elementos de ambos enfoques, capitalizando la fortaleza de lo digital y la estabilidad de lo tradicional para crear un modelo híbrido que optimice la eficiencia y la innovación (Solaimani et al., 2022).

Con respecto a las estrategias identificadas, se evidencia propuestas alineadas a la perspectiva de Varela (2014), las cuales están inmersas en la búsqueda constante de identificar y cultivar las competencias fundamentales en su personal para lograr con éxito sus objetivos estratégicos. (Alvarez & Jimenez, 2020)) indican que este proceso implica no solo reconocer las habilidades actuales de los empleados, sino trabajar también activamente en su desarrollo y perfeccionamiento. Varela (2014) sugiere que este enfoque proactivo en la gestión de competencias contribuye significativamente a la adaptabilidad y capacidad de respuesta de la empresa ante los desafíos cambiantes del entorno empresarial.

Por otra parte, (David, 2016) aporta una perspectiva valiosa al destacar que la estrategia empresarial implica tanto enfoques sistemáticos como intuitivos. La combinación de estos enfoques facilita la medición objetiva de resultados y la evaluación del impacto de las estrategias adoptadas para el análisis de datos financieros, de mercado, de rendimiento, entre otros. Asimismo, la eficiente gestión de recursos y la asignación estratégica de activos se benefician de la toma de decisiones basada en datos, maximizando la eficiencia operativa y financiera evaluados a través de planes de negocio (Rivera Rodríguez & Gonzalez Rodríguez, 2020). La planificación estratégica sistemática, según (David, 2016), implica la creación de planos detallados y procesos estructurados que guían el progreso hacia los objetivos estratégicos. Esta planificación rigurosa y

estructurada se traduce en una mayor coherencia y seguimiento de la estrategia a lo largo del tiempo.

Finalmente, respecto a las estrategias para el fortalecimiento en empresas tradicionales, se presenta el plan de acción como aspecto fundamental en la gestión estratégica. Este plan se convierte en un medio efectivo para desglosar objetivos o metas en tareas específicas y medibles. La ejecución secuencial y coordinada de estas tareas se presenta como el catalizador para alcanzar con éxito dichos objetivos. Así, el plan de acción emerge como una guía práctica para la toma de decisiones estratégicas, proporcionando una estructura clara que orienta a la empresa hacia el logro eficiente de sus metas estratégicas (Thompson et al., 2015).

Por otro lado, las estrategias para el fortalecimiento en empresas digitales, se enmarcan en primera instancia en la metodología ágil del diseño para la modelación de negocios, conocida como *Canvas Model*, presentada por (Osterwalder & Pigneur, 2010a), se destaca como una herramienta esencial para estructurar ideas y fortalecer emprendimientos. Su enfoque visual y colaborativo facilita la conceptualización eficiente de los componentes clave de un negocio, permitiendo a emprendedores y empresas adaptarse ágilmente a las dinámicas del mercado.

Así mismo, el *Lean Startup*, desarrollado por (Ries, 2013), representa una revolución en la innovación y desarrollo de productos para nuevas empresas. Abogando por la construcción iterativa y rápida, este enfoque prioriza la creación de un Producto Mínimo Viable para validar hipótesis y reducir riesgos, destacándose por su flexibilidad y capacidad para aprender continuamente de la retroalimentación del usuario.

De la misma manera, el *Customer Development*, ideado por (Blank & Dorf, 2012a), redefine la creación de negocios al poner al cliente en el centro del proceso. Con sus cuatro etapas, desde el descubrimiento hasta la construcción de la empresa, esta metodología busca reducir los riesgos mediante la validación constante de la propuesta de valor, representando un cambio fundamental hacia la atención prioritaria en las necesidades reales del cliente.

Estas metodologías ágiles como el *Canvas*, *Lean Startup* y *Customer Development*, se entrelazan para ofrecer a emprendedores y empresas digitales, herramientas sólidas y complementarias, transformando la concepción, desarrollo y gestión de negocios en un entorno empresarial dinámico y competitivo.

Método

Esta revisión sistemática se llevó a cabo siguiendo las directrices PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Page et al., 2021) con el propósito de identificar y analizar las estrategias empleadas para el fortalecimiento empresarial en empresas digitales y tradicionales.

Criterios de elegibilidad

Se seleccionaron estudios publicados que analizaron estrategias empleadas para el fortalecimiento de empresas digitales y tradicionales, sin discriminar por tamaño de la empresa o sector industrial. Los estudios incluidos debían detallar las características de las estrategias, proporcionar información sobre sus efectos en el rendimiento empresarial o contribuir con conocimientos sobre la implementación de estas estrategias en diferentes contextos organizacionales. Se excluyeron aquellos artículos que no se

enfocaron en estrategias empresariales para empresas digitales y tradicionales o que no tuvieran el texto completo disponible.

Estrategia de búsqueda

La estrategia de búsqueda se centró en identificar estudios publicados en el periodo comprendido entre enero de 2020 y diciembre de 2023, en idioma español o inglés. Se realizó la búsqueda en las bases de datos Scopus y Web of Science, utilizando los descriptores en inglés: *entrepreneurship*, *digital*, *business* y *strategy*, combinados mediante operadores booleanos: *entrepreneurship AND digital AND business AND strategy*.

Para obtener una comprensión profunda del tema, se diseñó un protocolo de revisión que no solo sintetiza los resultados empíricos, sino que también permite un análisis crítico y comparativo de la literatura seleccionada. Este protocolo se estructuró en torno a las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Cuáles son las estrategias para el fortalecimiento en empresas tradicionales y en empresas digitales?
2. ¿Cuáles son las diferencias y similitudes en las principales estrategias de empresas digitales y de empresas tradicionales?

Selección de estudios

La bibliografía identificada se gestionó para eliminar duplicados y organizar la información relevante. Dos revisores independientes realizaron un cribado de títulos y resúmenes de los artículos siguiendo los criterios de elegibilidad establecidos. Posteriormente, los manuscritos seleccionados fueron evaluados en detalle para verificar su inclusión en la revisión sistemática. Cualquier desacuerdo respecto al cumplimiento de los criterios de inclusión se resolvió mediante discusión entre los revisores.

Extracción de datos

Mediante un instrumento desarrollado por los autores, los investigadores extrajeron los datos de cada artículo seleccionado. Los datos extraídos incluyeron el año de publicación, el tipo de empresa (digital o tradicional), las estrategias empleadas para el fortalecimiento empresarial, las características de dichas estrategias. Además, se registraron el enfoque del estudio y el contexto organizacional. Todos los datos fueron revisados y verificados por ambos revisores para asegurar la consistencia y precisión de la información extraída.

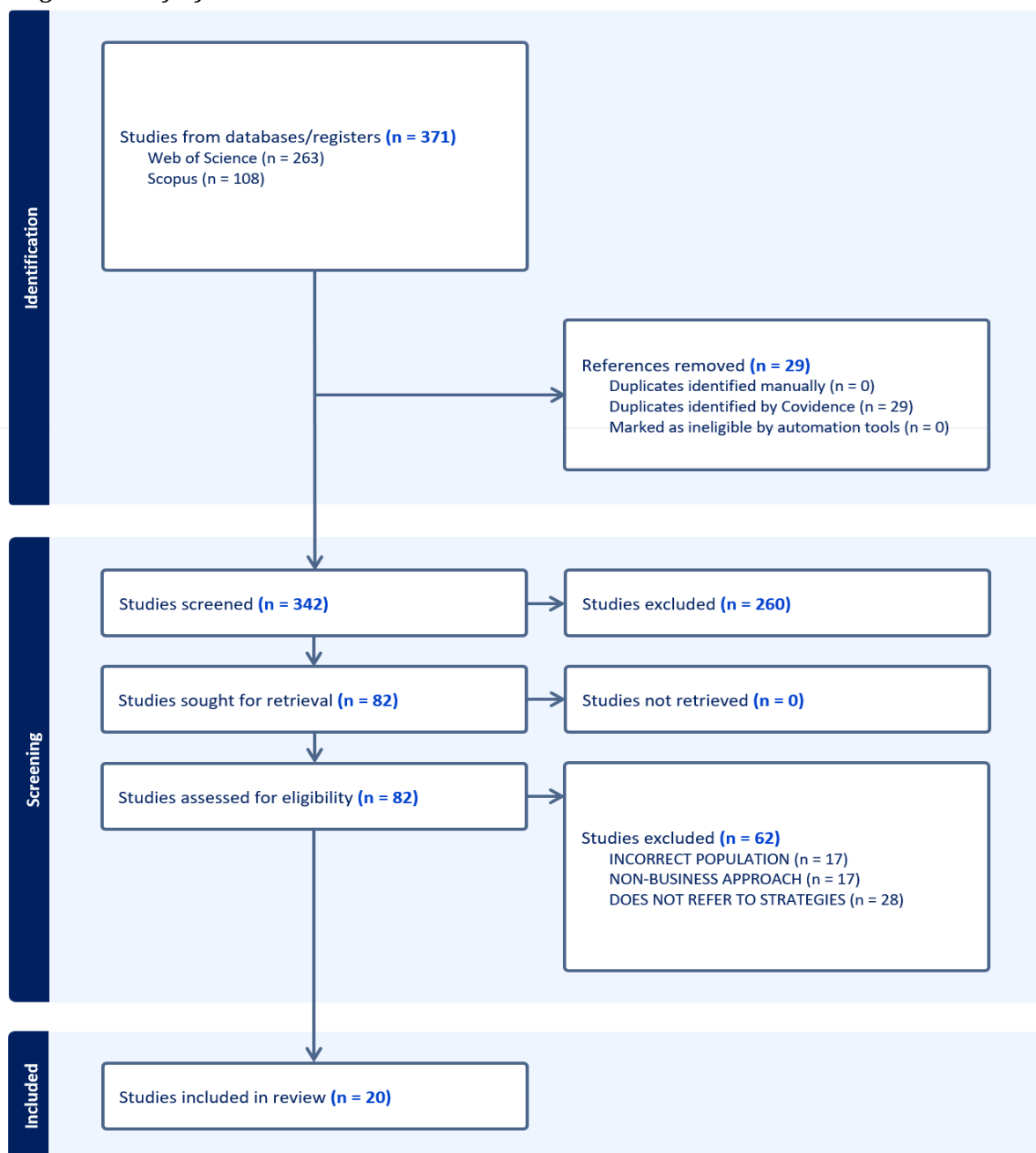
Resultados

Caracterización general

Un total de 20 estudios fueron incluidos en esta revisión sistemática, tras un proceso que abarcó la identificación inicial de 371 publicaciones, la eliminación de duplicados, el cribado de resúmenes y la evaluación detallada de los textos completos. El flujo completo de este proceso se detalla en la Figura 1, siguiendo las directrices del diagrama PRISMA.

Figura 1

Diagrama de flujo PRISMA



Los artículos seleccionados abordaron estrategias empresariales en empresas digitales y tradicionales, detallando enfoques y categorías específicas de fortalecimiento empresarial. De estos, el 60% (n=12) se centraron en estrategias digitales, mientras que el 40% (n=8) abordaron estrategias tradicionales. Los hallazgos principales se presentan de manera sintetizada en la Tabla 1.

Entre las estrategias digitales más comunes se destacaron la adopción de tecnologías digitales (n=8), la transformación de modelos de negocio (n=5), y la implementación de metodologías Lean Startup (n=4). Por otro lado, las estrategias tradicionales más representativas incluyeron el desarrollo de planes de negocio (n=6) y el análisis de mercado para la toma de decisiones (n=4), subrayando el enfoque en prácticas convencionales para la consolidación empresarial.

Los diseños metodológicos predominantes en los estudios incluyeron enfoques cualitativos (65%), seguidos por estudios de caso únicos (25%) y revisiones estructuradas de literatura (10%).

Tabla 1
Análisis de artículos relacionados con las estrategias empresariales

| Autor/Año | Título | Enfoque | Categoría | Tipos de estrategia según categoría | Objeto de estudio | ¿Cómo se hizo? | Hallazgo |
|------------------------------|--|----------------------------|---------------|--|--|--|---|
| (Vrontis et al., 2022) | <i>Adoption of Digital Technologies by SMEs for Sustainability and Value Creation: Moderating Role of Entrepreneurial Orientation</i> | <i>Lean Start Up</i> | Digitales | Adopción e integración efectiva de tecnologías digitales como la inteligencia artificial, IoT, blockchain, big data analytics. | La investigación busca comprender cómo la adopción de diferentes tecnologías digitales afecta la creación de valor económico y social en las PYMEs y cómo influye en su rendimiento. | Se utilizó el método <i>partial least square structural equation modeling</i> (PLS-SEM) para analizar los datos y validar el modelo conceptual. Este método se eligió porque es adecuado para estudios exploratorios y puede manejar datos que no están distribuidos normalmente. | La adopción y la integración efectiva de tecnologías digitales como la inteligencia artificial, IoT, blockchain, big data analytics, entre otros, puede crear valor para las pymes de manera sinérgica y diferenciarlos en el mercado. Además, la utilización de estas tecnologías puede mejorar la eficacia y eficiencia de las prácticas empresariales y aumentar la productividad y el rendimiento en las pymes. |
| (Cueto et al., 2022) | <i>Digital Innovations in MSMEs during Economic Disruptions: Experiences and Challenges of Young Entrepreneurs</i> | Competencias empresariales | Tradicionales | Análisis del mercado y Desarrollo de plan de mercadeo, además, desarrollo de habilidades empresariales | Proporcionar información sobre las innovaciones digitales en las PYME durante las interrupciones económicas y las experiencias de los jóvenes empresarios en la era digital. | El enfoque cualitativo de investigación. El estudio se basa en entrevistas en profundidad con jóvenes empresarios en Filipinas para comprender sus experiencias y perspectivas sobre la digitalización de las PYME durante la pandemia de COVID-19. | Uno de los principales hallazgos es que la pandemia de COVID-19 ha acelerado la adopción de innovaciones digitales en las PYME, ya que las empresas han tenido que adaptarse a los cambios en los hábitos de consumo y las condiciones del mercado. El estudio también destaca la importancia de las habilidades digitales y la formación para los empresarios y sus empleados, . |
| (Zhang et al., 2022) | <i>Start-Up's Road to Disruptive Innovation in the Digital Era: The Interplay Between Dynamic Capabilities and Business Model Innovation</i> | <i>Canvas Model</i> | Digitales | Transformación del modelo de negocio a través de la innovación. | Identificar los pilares clave que sustentan el camino hacia la innovación en la era digital, como la tecnología digital, las capacidades dinámicas y la innovación en el modelo de negocio. Además, presentan el diseño de investigación, revelan los hallazgos del análisis de la empresa de casos. | Se adopta el método de investigación de caso único exploratorio y longitudinal para profundizar en el caso y desplegar el proceso de evolución dinámica del fenómeno investigado a lo largo del tiempo, y se puede resumir el camino de cumplimiento. El análisis de un solo caso es propicio para construir una cadena de evidencia causal. | Las capacidades dinámicas y la innovación en el modelo de negocio son fundamentales para el éxito de la innovación disruptiva en las startups en la era digital. El estudio muestra cómo las startups pueden desarrollar y mejorar sus capacidades dinámicas y modelos de negocio innovadores para lograr una ventaja competitiva en el mercado. Además, el estudio destaca la importancia de la alineación entre las capacidades dinámicas y el modelo de negocio para lograr una innovación disruptiva sostenible |
| (Bachmann y Jodlbauer, 2023) | <i>Iterative business model innovation: A conceptual process model and tools for incumbents</i> | Plan de Negocio | Tradicionales | Desarrollo de un plan de negocio. | Es el proceso de innovación del modelo de negocio en empresas tradicionales. La innovación del modelo de negocio es crucial para las empresas establecidas. | revisión estructurada de la literatura existente sobre el proceso de innovación del modelo de negocio en empresas incumbentes. Se analizaron 47 publicaciones que presentaban modelos de proceso de | El principal hallazgo de la investigación es que el proceso de innovación del modelo de negocio en empresas incumbentes es incremental, iterativo, recursivo y reflexivo. Esto significa que las empresas deben construir sobre sus modelos de negocio existentes, ajustarlos de manera |

| Autor/Año | Título | Enfoque | Categoría | Tipos de estrategia según categoría | Objeto de estudio | ¿Cómo se hizo? | Hallazgo |
|----------------------------|--|----------------------|---------------|--|---|--|--|
| (Ferreira et al., 2022) | <i>Knowledge strategies and digital technologies maturity: effects on small business performance</i> | <i>Lean Start Up</i> | Digitales | Implementación de <i>Lean Startup</i> . Enfocado en aprendizaje, conocimiento, prueba y medición | Investigar la influencia de las estrategias de conocimiento y la madurez de las tecnologías digitales en el rendimiento de las pequeñas empresas. | innovación del modelo de negocio. El método utilizado en la investigación es un análisis cuantitativo basado en una muestra de pequeñas empresas. Se identificaron cuatro estrategias de conocimiento: codificación externa, codificación interna, personalización externa y personalización interna. | incremental, iterar en el proceso a medida que obtienen nuevos conocimientos. El hallazgo principal del estudio fue que las estrategias de codificación externa e interna tienen un impacto positivo y significativo en el rendimiento de las empresas, especialmente cuando se considera el nivel de madurez de la tecnología digital y la intensidad del conocimiento. |
| (Cavallo et al., 2023) | <i>Business model scaling and growth hacking in digital entrepreneurship</i> | <i>Lean Start Up</i> | Digitales | Implementación de técnica de <i>marketing: Growth hacking</i> de alto impacto. | El objetivo del estudio fue investigar cómo las empresas digitales pueden escalar su modelo de negocio y el papel del <i>growth hacking</i> en este proceso. | El método utilizado en la investigación fue una metodología llamada <i>Dynamic Business Modeling (DBM) for Scaling</i> , que combina el lienzo del modelo de negocio adaptado con la modelización de la dinámica de sistemas. | El principal hallazgo de la investigación es que el <i>growth hacking</i> puede ser una estrategia efectiva para el escalamiento de empresas digitales. Al implementar estrategias de <i>growth hacking</i> , las empresas pueden experimentar un crecimiento exponencial en su base de clientes y generar ingresos adicionales. |
| (Katsikeas et al., 2020) | <i>Revisiting international marketing strategy in a digital era Opportunities, challenges, and research directions</i> | Plan de Negocio | Tradicionales | Análisis del mercado y Desarrollo de un plan de mercadeo. | Examinar el papel de las tecnologías digitales en las estrategias de <i>marketing</i> internacional. | El método utilizado en la investigación es una revisión de la literatura existente en el campo de la estrategia de <i>marketing</i> internacional y la digitalización. | El principal hallazgo de la investigación es que la combinación adecuada de las tecnologías digitales y las estrategias tradicionales de <i>marketing</i> internacional puede dar lugar a una relación satisfactoria y valiosa con los clientes. |
| (Centobelli et al., 2022) | <i>The undigital behavior of innovative startups: empirical evidence and taxonomy of digital innovation strategies</i> | <i>Lean Start Up</i> | Digitales | Adopción y uso de diferentes infraestructuras y herramientas digitales dentro y fuera de las organizaciones. | Conceptualizar el comportamiento digital de las <i>startups</i> y examinar los comportamientos emergentes en cuanto a las estrategias digitales de las empresas italianas inscritas en la iniciativa de política Startup Act. | El método utilizado en la investigación es el análisis empírico, y se llevó a cabo un análisis de la adopción de infraestructuras digitales intra e interorganizacionales en la población total de 6.178 empresas italianas inscritas en el Registro de <i>Startups</i> Innovadoras. | El principal hallazgo del estudio es la propuesta de una taxonomía que reúne cuatro comportamientos digitales para la adopción de tecnologías digitales en las <i>startups</i> : seguidor digital, influenciador técnico, influenciador social y líder digital. Estos comportamientos se basan en la adopción y uso de diferentes infraestructuras digitales dentro y fuera de las organizaciones. |
| (Chaturvedi y Karri, 2022) | <i>Entrepreneurship in the Times of Pandemic: Barriers and Strategies</i> | Plan de Negocio | Tradicionales | Establecer estrategias de <i>marketing</i> , digitalización y el establecimiento de redes. | Investigar los desafíos que la pandemia de COVID-19 ha planteado a los emprendedores y las estrategias que las organizaciones pueden adoptar para sobrevivir y crecer. | se utilizó un enfoque de método mixto. Se realizó un análisis empírico de los factores que han afectado a las empresas más pequeñas durante desaceleraciones económicas en el pasado. Esto se hizo a través de análisis descriptivos. | El principal hallazgo del estudio fue la identificación de los principales factores que afectaron a las empresas durante la pandemia. Estos factores incluyen la preparación organizativa, el apoyo de infraestructura gubernamental, la insuficiencia tecnológica y la crisis financiera. |

Enfoques utilizados en las empresas tradicionales y digitales para el fortalecimiento empresarial: Revisión sistemática de literatura

| Autor/Año | Título | Enfoque | Categoría | Tipos de estrategia según categoría | Objeto de estudio | ¿Cómo se hizo? | Hallazgo |
|-------------------------------|--|----------------------------|---------------|--|---|--|--|
| (Jafari-Sadeghi et al., 2021) | <i>Exploring the impact of digital transformation on entrepreneurship and technological market expansion: The role of technology readiness, exploration and exploitation</i> | Plan de Negocio | Tradicionales | Estrategias de transformación digital, como las inversiones en TIC | El objetivo del estudio es investigar los efectos de la transformación digital en la creación de valor a través del emprendimiento tecnológico y la expansión del mercado tecnológico. | Se analizaron datos relevantes de 28 países europeos en un período de 7 años (2009-2015) para formular e investigar una nueva perspectiva del emprendimiento digital impulsada por los conceptos de transformación digital y emprendimiento. Se realizaron análisis descriptivos y se utilizaron técnicas de análisis de datos. | El principal hallazgo del estudio fue la identificación de las relaciones significativas entre constructos clave relacionados con la transformación digital. Por ejemplo, se encontró que las inversiones en TIC y el acceso a Internet tienen un impacto positivo en el emprendimiento tecnológico y la expansión del mercado tecnológico. También se observó que la inversión en I+D y el número de investigadores en I+D tienen una relación positiva con el emprendimiento tecnológico. |
| (Ghezzi y Cavallo, 2020) | <i>Agile Business Model Innovation in Digital Entrepreneurship: Lean Startup Approaches</i> | Lean Start Up | Digitales | Implementación de estrategias Lean Startup y Agile Development | El objetivo de la investigación fue identificar y analizar las estrategias empresariales y las metodologías ágiles utilizadas por startups en la industria de alojamiento. | El estudio utilizó una metodología de investigación cualitativa basada en entrevistas en profundidad realizadas a fundadores y ejecutivos de startups de alojamiento. | El principal hallazgo de la investigación es que las startups de alojamiento utilizan una combinación de la metodología Lean Startup y Agile Development para potenciar el crecimiento y la innovación. Además, se identificaron varias estrategias empresariales exitosas utilizadas por startups. |
| (Ritala et al., 2021) | <i>Digital strategy implementation: The role of individual entrepreneurial orientation and relational capital</i> | Competencias empresariales | Tradicionales | Desarrollo del capital relacional interno como el externo | El objetivo de la investigación es analizar el papel de la orientación empresarial individual y el capital relacional en la implementación de estrategias digitales en una empresa de fabricación europea. | Los autores llevaron a cabo un estudio empírico utilizando datos de 256 empleados de una empresa de fabricación europea. Utilizaron análisis de regresión para evaluar la relación entre la orientación empresarial individual, el capital relacional y el rendimiento de la estrategia digital. | Los hallazgos del estudio muestran que tanto la orientación empresarial individual como el capital relacional tienen un efecto positivo en el rendimiento de la estrategia digital. Además, los autores encontraron que el capital relacional actúa como un moderador entre la orientación empresarial individual y el rendimiento de la estrategia digital. |
| (Lee, 2022) | <i>Challenges to the Export-Led Growth Strategy in the Digital and Global Era: An Empirical Investigation of South Korea's Experience</i> | Competencias empresariales | Tradicionales | Colaboraciones estratégicas, mejorar la capacitación y el desarrollo de habilidades, y crear una cultura de innovación y experimentación | El objetivo del estudio fue identificar y analizar los desafíos enfrentados por las pequeñas y medianas empresas (PYMES) durante la crisis del COVID-19 en relación con la adopción de la transformación digital. | Los autores llevaron a cabo un estudio exploratorio utilizando datos de encuestas de 152 PYMES de diversos sectores en el Reino Unido. Se utilizaron análisis estadísticos descriptivos y pruebas de hipótesis para evaluar las percepciones de los encuestados sobre los impactos de la crisis del COVID-19 en la transformación digital de sus empresas. | Los autores encontraron que las PYMES experimentan desafíos significativos al adoptar la transformación digital durante la crisis del COVID-19. La falta de recursos y habilidades, la implementación de la tecnología y la resistencia cultural son las principales áreas de desafío que enfrentan. Para superar estos desafíos, las empresas pueden buscar colaboraciones estratégicas, mejorar la capacitación y el desarrollo de habilidades, y crear una cultura de innovación y experimentación. |

| Autor/Año | Título | Enfoque | Categoría | Tipos de estrategia según categoría | Objeto de estudio | ¿Cómo se hizo? | Hallazgo |
|--------------------------|--|----------------------|---------------|--|--|---|---|
| (Cavallo et al., 2021) | <i>Competitive intelligence and strategy formulation: connecting the dots</i> | Plan de Acción | Tradicionales | Análisis estratégico del entorno y del mercado. | El objeto de estudio de la investigación es la relación entre inteligencia competitiva (CI) y el proceso de formulación de la estrategia de la empresa. | utilizó un enfoque cualitativo y el método de análisis de datos fue el análisis temático. Los autores analizaron entrevistas semiestructuradas con líderes de cuatro empresas privadas ubicadas en Brasil en diferentes industrias. | El principal hallazgo de la investigación es que la CI puede ser un facilitador clave en la formulación de estrategias empresariales a través de la exploración de oportunidades y amenazas en el entorno empresarial. Además, la investigación sugiere que la infraestructura de CI y la cultura informacional |
| (Stallkamp et al., 2022) | <i>Scaling, fast and slow: The internationalization of digital ventures</i> | Customer development | Digitales | Exploración de nuevos mercados internacionales con métricas de crecimiento. | Se discute cómo la digitalización puede permitir una rápida expansión internacional y escalabilidad en los negocios, pero también se mencionan algunas limitaciones | NA | La internacionalización de las empresas digitales no es homogénea y puede estar influenciada por factores como la demanda heterogénea y la necesidad de recursos complementarios no digitales. Las empresas digitales enfocadas en el mercado B2C tienden a tener una menor probabilidad y proporción de ventas internacionales. |
| (Guo et al., 2022) | <i>Inside the black box: How business model innovation contributes to digital start-up performance</i> | Canvas Model | Digitales | Fortalecer el modelo de negocio, la propuesta de valor única y la estrategia de marketing a través de la innovación. | Analiza cómo la innovación en la propuesta de valor, la creación de valor y la captura de valor afectan el desempeño de las empresas emergentes digitales. | estudio cuantitativo que involucra análisis de regresión para examinar las relaciones entre diferentes variables. Dado que los fragmentos proporcionados hacen referencia a varios estudios diferentes, es posible que el método utilizado varíe según el estudio específico al que se hace referencia. | La importancia de la innovación en el modelo de negocio y su impacto en el desempeño de las empresas emergentes. La relación entre la competencia financiera de los equipos fundadores y el crecimiento de las empresas emergentes. La influencia de las alianzas estratégicas en el éxito de una empresa emergente. |
| (Buck et al., 2023) | <i>Digital transformation in asset-intensive organisations: The light and the dark side</i> | Plan de Negocio | Tradicionales | Creación de valor para el cliente y mejora de la eficiencia operativa a través de la digitalización de procesos | La transformación digital en organizaciones intensivas en activos, y cómo estas organizaciones pueden aprovechar al máximo las oportunidades que ofrece la digitalización. | El método utilizado en la investigación fue una combinación de entrevistas en profundidad con informantes clave y un análisis de documentos relevantes. Se utilizó un enfoque de investigación cualitativo para obtener una comprensión detallada de las percepciones y experiencias | El principal hallazgo de la investigación fue que la transformación digital puede ser una fuente importante de ventaja competitiva para las organizaciones intensivas en activos, pero que también presenta desafíos únicos que deben ser abordados. Se identificaron varias estrategias y recomendaciones para ayudar a las organizaciones a aprovechar al máximo las oportunidades. |
| (Zahoor et al., 2022) | <i>International open innovation and international market success: an empirical study of emerging market small and</i> | Lean Start Up | Digitales | Aplicación de Innovación Abierta y metodologías Ágiles | El objeto de estudio es el impacto de la innovación abierta internacional en el éxito del mercado internacional de pequeñas y medianas empresas (PYME) en mercados | El método utilizado en la investigación es un análisis teórico y empírico. Se realizó una revisión de la literatura existente sobre el tema y se llevó a cabo un estudio empírico utilizando una | El principal hallazgo de la investigación es que la innovación abierta internacional tiene un impacto positivo en el éxito del mercado internacional de las PYME en mercados emergentes. Además, se encontró que las competencias interculturales y las capacidades de alianza digital moderan esta |

Enfoques utilizados en las empresas tradicionales y digitales para el fortalecimiento empresarial: Revisión sistemática de literatura

| Autor/Año | Título | Enfoque | Categoría | Tipos de estrategia según categoría | Objeto de estudio | ¿Cómo se hizo? | Hallazgo |
|-------------------------------|--|-----------------|------------------|---|---|--|---|
| | <i>medium-sized enterprises</i> | | | | emergentes. El estudio se centra en la importancia de las competencias interculturales y las capacidades de alianza digital en este contexto. | encuesta en línea a 200 PYME en los Emiratos Árabes Unidos. | relación. Es decir, las PYME que tienen una mayor capacidad para trabajar con socios internacionales y adaptarse a diferentes culturas tienen más probabilidades de tener éxito en el mercado internacional. |
| (Cenamora, 2021) | <i>Complementor competitive advantage: A framework for strategic decisions</i> | Plan de Negocio | Tradicionales | Investigación de mercado y desarrollo de plan de mercadeo | Es la ventaja competitiva de los complementadores en los ecosistemas de plataformas. | El método utilizado en la investigación es una revisión de la literatura existente sobre el tema. | La heterogeneidad de los complementadores es crítica para atraer a los usuarios finales a los ecosistemas de plataformas y que la estrategia de liderazgo en costos y la estrategia de diferenciación son dos de las estrategias genéricas de negocio identificadas por Porter (1980) |
| (Miroshnychenko et al., 2021) | <i>Absorptive capacity, strategic flexibility, and business model innovation: Empirical evidence from Italian SMEs</i> | Plan de Acción | Tradicionales | Desarrollo de Planes de acción. | La relación entre la capacidad de absorción, la flexibilidad estratégica y la innovación del modelo de negocio en las pequeñas y medianas empresas (PYMES) italianas. | Método de encuesta a través de un cuestionario que fue desarrollado y pilotado por los autores. Se extrajo una muestra aleatoria de 1300 empresas italianas con hasta 250 empleados y con ingresos anuales totales entre 1 y 50 millones de euros. | El principal hallazgo de la investigación es que la capacidad de absorción y la flexibilidad estratégica son factores clave para la innovación del modelo de negocio en las PYMEs italianas. Además, se encontró que la capacidad de absorción potencial tiene un efecto más fuerte en la innovación del modelo de negocio que la capacidad de absorción realizada. |

Descripción de estrategias para el fortalecimiento empresarial

De acuerdo con los artículos analizados, en la Tabla 2 se presentan las estrategias, modelos o metodologías, relacionadas con el enfoque de empresa tradicional y digital.

Tabla 2

Estrategias, modelos y enfoques para el fortalecimiento empresarial

| Autor | Estrategia / modelo / metodología | Enfoque | Artículos (n=20) |
|-----------------------------|--|----------------|-------------------------|
| Varela, 2014 | Competencias empresariales | Tradicional | 3 |
| David, 2016 | Plan de negocio | Tradicional | 6 |
| Thompson et al., 2015 | Plan de acción | Tradicional | 2 |
| Osterwalder y Pigneur, 2010 | Modelo de negocio <i>Canvas</i> | Digital | 2 |
| Ries, 2012 | <i>Lean Startup</i> | Digital | 6 |
| Blank y Dorf, 2012 | <i>Customer development</i> | Digital | 1 |

Competencias empresariales

El modelo conceptual de desarrollo empresarial basado en competencias se centra en identificar y cultivar habilidades clave, como liderazgo, comunicación, y resolución de problemas, alineándolas con los objetivos estratégicos organizacionales. Este enfoque incluye etapas como formación en espíritu empresarial, evaluación de ideas, planificación de negocios, y crecimiento sostenible (Varela V., 2023). La implementación de estas competencias utiliza herramientas como retroalimentación 360 grados y análisis de desempeño (Ortega et al., 2020). Estas estrategias promueven la alineación entre habilidades individuales y objetivos organizacionales (Fuentes García & Sánchez Cañizares, 2021).

Entre las publicaciones seleccionadas, Cueto et al. (2022) aplican este modelo al analizar cómo las habilidades empresariales ayudaron a las PYME a adaptarse a innovaciones digitales durante la pandemia de COVID-19, destacando la importancia de la capacitación digital para líderes. Ritala et al. (2021) resaltan el rol del desarrollo del capital relacional para potenciar la implementación de estrategias digitales en empresas manufactureras europeas. Por otro lado, Lee (2022) aborda el desarrollo de competencias estratégicas en PYMEs para enfrentar desafíos de transformación digital, priorizando habilidades interpersonales y culturales. Estas publicaciones demuestran cómo el desarrollo de competencias puede ser un pilar esencial en contextos empresariales diversos, fortaleciendo tanto la adaptabilidad como la competitividad organizacional.

Plan de negocio

El modelo de plan de negocio combina enfoques sistemáticos e intuitivos para gestionar la complejidad del entorno empresarial. Los enfoques sistemáticos se centran en el análisis detallado de datos financieros, de mercado y rendimiento, permitiendo la creación de planes estructurados para evaluar viabilidad y factibilidad, optimizando la asignación de recursos y la toma de decisiones (David, 2016; Segarra Ciprés et al., 2017). Por otro lado, el enfoque intuitivo, basado en la experiencia y creatividad, permite decisiones rápidas en contextos de incertidumbre, fomentando innovación y diferenciación en el mercado (Canh et al., 2019; Wheelen & Hunger, 2013). Este modelo refleja un equilibrio entre el análisis cuantitativo y la percepción emocional del mercado, integrando datos y juicio para la toma de decisiones efectivas en entornos dinámicos (Fred R., 2017).

Entre las publicaciones seleccionadas, Bachmann y Jodlbauer (2023) destacan cómo las empresas tradicionales aplican planes de negocio iterativos y reflexivos para innovar de manera incremental en sus modelos operativos. Katsikeas et al. (2020)

investigan cómo la combinación de tecnologías digitales y planes de negocio tradicionales optimizan estrategias de marketing internacional, fortaleciendo relaciones con clientes. Chaturvedi y Karri (2022) analizan el uso de planes de negocio para mitigar los desafíos financieros y operativos durante la pandemia de COVID-19, enfatizando la planificación estratégica como herramienta de supervivencia. Jafari-Sadeghi et al. (2021) exploran cómo las inversiones en TIC y la transformación digital, respaldadas por planes de negocio estructurados, impulsan el emprendimiento tecnológico en Europa. Cenamor (2021) aplica el plan de negocio en ecosistemas de plataformas, subrayando su utilidad para explorar ventajas competitivas mediante investigación de mercado. Por último, Buck et al. (2023) muestran cómo los planes de negocio guían la digitalización en organizaciones intensivas en activos, mejorando la eficiencia operativa y creando valor para el cliente.

Plan de acción

El plan de acción organiza estrategias en objetivos, desglosados en tareas medibles y secuenciales que permiten alcanzar metas organizacionales (Thompson et al., 2015). Este enfoque proporciona claridad y estructura, mejorando la competitividad y rentabilidad empresarial mediante la optimización de recursos y la minimización de costos (Thompson et al., 2012a). La estrategia también puede adoptar un enfoque proactivo, anticipando oportunidades para mejorar el desempeño financiero, o un enfoque reactivo, ajustándose a estrategias de los competidores (Briones Veliz et al., 2021; Thompson et al., 2012)

Entre las publicaciones seleccionadas, Miroshnychenko et al. (2021) explora cómo los planes de acción fomentan la innovación en modelos de negocio a través de la capacidad de absorción y flexibilidad estratégica, destacando su aplicación en pequeñas y medianas empresas italianas. Cavallo et al. (2021) identifica cómo la inteligencia competitiva, estructurada mediante planes de acción, facilita la formulación de estrategias organizacionales al analizar oportunidades y amenazas en el entorno empresarial.

Modelo de negocio Canvas

El modelo de negocio *Canvas*, desarrollado por Osterwalder y Pigneur (2010), organiza la estrategia empresarial en nueve bloques clave: propuesta de valor, segmento de clientes, canal de comunicación, relación con el cliente, flujo de ingresos, costos, recursos clave, actividades clave y socios (Osterwalder & Pigneur, 2010). Este enfoque ágil y visual responde a preguntas fundamentales sobre la estructura y monetización de los modelos empresariales, siendo especialmente útil para empresas digitales que buscan flexibilidad y diferenciación en mercados competitivos (Reynier Israel et al., 2021). Entre las publicaciones seleccionadas, Zhang et al. (2022) aplican el *Canvas* para analizar la transformación de modelos de negocio y su alineación con capacidades dinámicas en startups digitales, promoviendo innovación disruptiva. Guo et al. (2022) destacan cómo la innovación en la propuesta y creación de valor, basada en el *Canvas*, mejora el desempeño de startups, integrando alianzas estratégicas y estrategias de monetización.

Lean Startup

El modelo Lean Startup, desarrollado por Eric Ries, es una metodología ágil que transforma el enfoque hacia la innovación y el desarrollo de productos en startups (Ries, 2013). Basado en ciclos iterativos de Construir-Medir-Aprender, prioriza la creación de un Producto Mínimo Viable (MVP) antes del lanzamiento completo, permitiendo ajustes rápidos mediante retroalimentación real, minimizando riesgos y maximizando el éxito en entornos empresariales dinámicos (Grisales Ocampo, 2020). Entre las publicaciones

seleccionadas, Vrontis et al. (2022) destacan cómo Lean Startup impulsa la integración de tecnologías avanzadas, como inteligencia artificial y big data, para la creación de valor en pequeñas y medianas empresas. Ferreira et al. (2022) analizan su impacto en estrategias de aprendizaje, prueba y medición en empresas pequeñas, mejorando el rendimiento organizacional. Cavallo et al. (2023) exploran la aplicación de Lean Startup combinada con técnicas de marketing como Growth Hacking, facilitando la escalabilidad de modelos de negocio digitales. Centobelli et al. (2022) investigan la adopción de esta metodología en startups italianas, proponiendo una taxonomía de comportamientos digitales relacionados con su implementación. Ghezzi y Cavallo (2020) integran Lean Startup con metodologías ágiles, demostrando cómo las startups en la industria de alojamiento emplean ambos enfoques para acelerar la innovación y el crecimiento. Finalmente, Zahoor et al. (2022) abordan la aplicación de Lean Startup junto con innovación abierta internacional, mostrando su efectividad en pequeñas y medianas empresas de mercados emergentes para potenciar el éxito internacional.

Customer development

El modelo Customer Development, desarrollado por Blank y Dorf, desplaza el enfoque tradicional centrado en el producto hacia la priorización de las necesidades del cliente, estructurándose en cuatro etapas interconectadas: descubrimiento, validación, creación del cliente y construcción de la empresa (Blank & Dorf, 2012). En la etapa de descubrimiento, se busca comprender el problema del cliente; en la validación, se confirma la solución propuesta mediante pruebas; en la creación del cliente, se enfoca en adquirir y retener clientes; y en la construcción de la empresa, se asegura la expansión y optimización. Este enfoque resalta la interacción directa con los clientes desde el inicio, promoviendo un aprendizaje rápido, adaptabilidad y ajustes continuos para minimizar riesgos y maximizar el éxito empresarial (Fernández-Salineró & de la Riva, 2014; Kahn, 2018).

En este contexto, Stallkamp et al. (2022) aplican el modelo customer development al analizar cómo las empresas digitales exploran nuevos mercados internacionales. La investigación destaca el uso de métricas de crecimiento para evaluar la demanda en mercados heterogéneos y cómo las empresas ajustan sus estrategias basándose en la retroalimentación del cliente. Además, enfatizan que, aunque la digitalización permite una expansión internacional rápida, también enfrenta desafíos como la necesidad de recursos complementarios y la diversidad de demandas culturales.

Aplicabilidad de modelos empresariales

El análisis de los modelos empresariales permitió identificar similitudes y diferencias clave en su enfoque, utilidad y prevalencia. Entre los modelos analizados, el Plan de Negocio se destacó como el más frecuente en empresas tradicionales debido a su capacidad para estructurar estrategias detalladas, realizar proyecciones financieras y guiar la toma de decisiones. Por otro lado, en empresas digitales, el Lean Startup sobresalió como el modelo más utilizado, gracias a su enfoque iterativo y centrado en la retroalimentación del cliente, que facilita la innovación y la adaptación en entornos dinámicos.

Similitudes

Estrategias estructuradas: Tanto los modelos tradicionales como los digitales se basan en estructuras definidas que guían el desarrollo empresarial. Modelos como el Plan de Negocio y el Modelo Canvas proporcionan una planificación detallada para la

consecución de objetivos, mientras que enfoques como Lean Startup y Customer Development integran iteración y aprendizaje continuo.

Enfoque en la creación de valor: Todos los modelos priorizan la generación de valor, aunque difieren en la forma de conceptualizarlo. En los modelos tradicionales, el valor se deriva principalmente de la planificación y asignación eficiente de recursos, mientras que en los digitales se enfoca en la innovación y la experiencia del cliente.

Relevancia estratégica: Los seis modelos buscan ofrecer ventajas competitivas, ya sea a través de la diferenciación en el mercado, la optimización de recursos o la adaptación a entornos cambiantes.

Diferencias

Aplicabilidad sectorial: En el caso de los modelos tradicionales, el Plan de Negocio fue el más frecuente (n=6), destacándose por su énfasis en la planificación detallada, el análisis de mercado y las proyecciones financieras. Este modelo proporciona una estructura robusta que facilita la toma de decisiones estratégicas en empresas consolidadas. El Plan de Acción complementa esta metodología al desglosar estrategias en tareas específicas y medibles, permitiendo una implementación más operativa y práctica. Por su parte, las Competencias Empresariales se centraron en el desarrollo de habilidades individuales y organizacionales, priorizando aspectos como la capacitación, el liderazgo y el alineamiento de las competencias con los objetivos organizacionales. En cuanto a los modelos digitales, el Lean Startup fue el más utilizado (n=6), caracterizándose por su enfoque iterativo basado en ciclos de aprendizaje continuo y retroalimentación del cliente, lo que minimiza riesgos y fomenta la innovación. El Modelo Canvas, por otro lado, se posicionó como una herramienta visual y ágil para conceptualizar modelos de negocio, destacando elementos clave como la propuesta de valor y los segmentos de clientes. Finalmente, el Customer Development colocó al cliente en el centro del desarrollo empresarial, estructurando su metodología en etapas de descubrimiento, validación y expansión para garantizar la sostenibilidad empresarial.

Nivel de flexibilidad: Los modelos tradicionales tienden a ser más rígidos y detallados en su implementación inicial, lo que los hace ideales para empresas consolidadas que requieren planificación exhaustiva. En contraste, los modelos digitales son más dinámicos y permiten ajustes rápidos para responder a cambios en el mercado, siendo especialmente relevantes en startups y sectores tecnológicos.

Enfoque estratégico: Mientras los modelos digitales priorizan la interacción directa con el cliente, lo que les permite responder rápidamente a sus necesidades y demandas, los modelos tradicionales se centran en la optimización de procesos internos y el uso eficiente de recursos organizacionales.

Discusión y conclusiones

En este estudio se destaca cómo las empresas tradicionales y digitales adoptan modelos empresariales distintos, reflejando sus características particulares y las dinámicas de los mercados en los que operan. Las estrategias empresariales identificadas muestran una clara segmentación según el tipo de empresa, con énfasis en la planificación estructurada para las empresas tradicionales y la adaptabilidad iterativa para las digitales.

El Plan de Negocio se consolidó como el modelo más frecuente entre las estrategias tradicionales, confirmando su relevancia como una herramienta robusta para el análisis

de mercado, proyecciones financieras y toma de decisiones estratégicas. Este modelo, aplicado en publicaciones como las de Bachmann y Jodlbauer (2023) y Katsikeas et al. (2020), reafirma su utilidad en contextos estables, donde las empresas buscan minimizar riesgos mediante una planificación exhaustiva. Sin embargo, las limitaciones de este modelo en términos de flexibilidad resaltan la necesidad de complementarlo con herramientas más dinámicas, como el Plan de Acción, que permite traducir estrategias en tareas concretas y medibles, como se observa en los hallazgos de Cavallo et al. (2021).

En contraste, los modelos digitales, liderados por el Lean Startup, reflejan un enfoque más centrado en la innovación y el cliente. Las publicaciones de Ferreira et al. (2022) y Centobelli et al. (2022) subrayan cómo este modelo facilita la iteración rápida y la validación continua de hipótesis, aspectos cruciales en mercados altamente competitivos y cambiantes. Este enfoque encuentra una aplicación complementaria en el Modelo *Canvas*, utilizado para visualizar de manera ágil y estructurada los elementos clave de un negocio, como lo muestran los estudios de Zhang et al. (2022) y Guo et al. (2022). Por otro lado, el Customer Development, aunque menos frecuente, resalta por su enfoque en la interacción directa con los clientes desde las primeras etapas, como evidencia Stallkamp et al. (2022) en el contexto de la expansión internacional.

La comparación entre modelos tradicionales y digitales también destaca diferencias significativas en su nivel de flexibilidad y enfoque estratégico. Mientras que los modelos tradicionales tienden a ser más rígidos, priorizando la optimización de recursos internos, los modelos digitales son inherentemente dinámicos, permitiendo ajustes rápidos y priorizando la experiencia del cliente. Estos resultados están alineados con investigaciones previas, como las de Blank y Dorf (2012) y Ries (2013), que enfatizan la importancia de la adaptabilidad en las startups digitales.

Sin embargo, una de las principales observaciones de este estudio radica en las áreas de oportunidad para hibridar enfoques. Por ejemplo, aunque los modelos tradicionales, como el Plan de Negocio, destacan por su estructura y exhaustividad, su integración con metodologías ágiles como el Lean Startup podría aumentar su capacidad de respuesta ante cambios rápidos en el m

ercado. De igual manera, las empresas digitales podrían beneficiarse de incorporar elementos de planificación estratégica más detallados, típicos de los modelos tradicionales, para garantizar un crecimiento sostenido.

Además, este estudio pone en evidencia ciertas diferencias regionales y contextuales. Mientras que la adopción del Lean Startup es consistente con las tendencias internacionales, la menor presencia de enfoques como el Customer Development en algunos mercados podría reflejar limitaciones en la adopción de metodologías centradas en el cliente. Esto sugiere que las dinámicas locales y las barreras culturales podrían influir en la implementación de ciertos modelos, lo que requiere mayor investigación para comprender mejor estas discrepancias.

Como propuesta de continuidad, se recomienda ampliar el análisis incorporando estudios de casos específicos y evaluando la efectividad de modelos híbridos en diferentes sectores económicos. Además, investigaciones futuras podrían explorar cómo las tendencias globales, como la digitalización y la sostenibilidad, están remodelando las preferencias y necesidades de las empresas al elegir modelos empresariales. Esto permitiría un enfoque más integral y contextualizado para fortalecer el desarrollo organizacional en un mercado global en constante evolución.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias al apoyo de la Universidad Autónoma de Occidente, a la Universidad Internacional Iberoamericana. Agradecemos especialmente a Lorena Díaz por su orientación y soporte durante el desarrollo de esta investigación.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses que pueda haber influido en los resultados o la interpretación de este estudio.

Referencias

- Alvarez, D., & Jimenez, K. (2020). La consultoría y asesoría: aliada estratégica para el fortalecimiento empresarial de las MIPYMES en Colombia. *Tendencias*, 21(2539–0554). <https://doi.org/https://doi.org/10.22267/rtend.202101.136>
- Bachmann, N., & Jodlbauer, H. (2023). Iterative business model innovation: A conceptual process model and tools for incumbents. *Journal of Business Research*, 168. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2023.114177>
- Blank, S., & Dorf, B. (2012). Successful businesses: 9 most important elements. *Inc.*
- Briones Veliz, T. G., Carvajal Avila, D. A., & Sumba Bustamante, R. Y. (2021). Utilidad del benchmarking como estrategia de mejora empresarial. *Polo Del Conocimiento: Revista Científico - Profesional*, 6(3), 2026-2044.
- Buck, C., Clarke, J., Torres de Oliveira, R., Desouza, K. C., & Maroufkhani, P. (2023). Digital transformation in asset-intensive organisations: The light and the dark side. *Journal of Innovation and Knowledge*, 8(2). <https://doi.org/10.1016/j.jik.2023.100335>
- Cáceres, G. (2022). El reto de las empresas de América Latina frente a las disrupciones tecnológicas. *Visión Gerencial*, 1(1), 9–25. <https://doi.org/10.53766/vigeren/2022.01.01.01>
- Canh, N. T., Liem, N. T., Thu, P. A., & Khuong, N. V. (2019). The Impact of Innovation on the Firm Performance and Corporate Social Responsibility of Vietnamese Manufacturing Firms. *Sustainability*, 11, 3666. <https://doi.org/10.3390/SU11133666>
- Cavallo, A., Cosenz, F., & Noto, G. (2023). Business model scaling and growth hacking in digital entrepreneurship. *Journal of Small Business Management*. <https://doi.org/10.1080/00472778.2023.2195463>
- Cavallo, A., Sanasi, S., Ghezzi, A., & Rangone, A. (2021). Competitive intelligence and strategy formulation: connecting the dots. *Competitiveness Review*, 31(2). <https://doi.org/10.1108/CR-01-2020-0009>
- Cenamor, J. (2021). Complementor competitive advantage: A framework for strategic decisions. *Journal of Business Research*, 122. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.09.016>
- Centobelli, P., Cerchione, R., Esposito, E., Passaro, R., & Quinto, I. (2022). The undigital behavior of innovative startups: empirical evidence and taxonomy of digital innovation strategies. *International Journal of Entrepreneurial Behaviour and Research*, 28(9). <https://doi.org/10.1108/IJEBR-08-2021-0626>
- Chaturvedi, R., & Karri, A. (2022). Entrepreneurship in the Times of Pandemic: Barriers and Strategies. *FIIB Business Review*, 11(1). <https://doi.org/10.1177/23197145211043799>

- Cueto, L. J., Frisnedi, A. F. D., Collera, R. B., Batac, K. I. T., & Agaton, C. B. (2022). Digital Innovations in MSMEs during Economic Disruptions: Experiences and Challenges of Young Entrepreneurs. *Administrative Sciences*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/admsci12010008>
- David, F. R. (2016). Conceptos de administracion estrategica|Decimo primera edicion. *Climate Change 2013 - The Physical Science Basis*.
- Delfín, P. F. L., & Acosta, M. M. P. (2016). importancia y análisis del desarrollo empresarial. *Revista Científica Pensamiento y Gestión*, 40.
- Fernández-Salineró, C., & de la Riva, B. (2014). Entrepreneurial Mentality and Culture of Entrepreneurship. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 139, 137–143. <https://doi.org/10.1016/J.SBSPRO.2014.08.044>
- Ferreira, J. J., Cruz, B., Veiga, P. M., & Ribeiro-Soriano, D. (2022). Knowledge strategies and digital technologies maturity: effects on small business performance. *Entrepreneurship and Regional Development*. <https://doi.org/10.1080/08985626.2022.2159544>
- Fred R., D. (2017). Conceptos de administración estratégica. *Boletín Científico de Las Ciencias Económico Administrativas Del ICEA*, 5(9). <https://doi.org/10.29057/icea.v5i9.2096>
- Fuentes García, F. J., & Sánchez Cañizares, S. M. (2021). Análisis del perfil emprendedor: una perspectiva de género. *Studies of Applied Economics*, 28(3). <https://doi.org/10.25115/eea.v28i3.4752>
- Ghezzi, A., & Cavallo, A. (2020). Agile Business Model Innovation in Digital Entrepreneurship: Lean Startup Approaches. *Journal of Business Research*, 110. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.06.013>
- Grisales Ocampo, H. F. (2020). Propuesta de un modelo de apoyo al emprendimiento que genera sinergia con la innovación social. *Tendencias*, 21(1). <https://doi.org/10.22267/rtend.202101.131>
- Guo, H., Guo, A., & Ma, H. (2022). Inside the black box: How business model innovation contributes to digital start-up performance. *Journal of Innovation and Knowledge*, 7(2). <https://doi.org/10.1016/j.jik.2022.100188>
- Jafari-Sadeghi, V., Garcia-Perez, A., Candeló, E., & Couturier, J. (2021). Exploring the impact of digital transformation on technology entrepreneurship and technological market expansion: The role of technology readiness, exploration and exploitation. *Journal of Business Research*, 124. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.11.020>
- Kahn, K. B. (2018). Understanding innovation. *Business Horizons*, 61(3), 453–460. <https://doi.org/10.1016/J.BUSHOR.2018.01.011>
- Katsikeas, C., Leonidou, L., & Zeriti, A. (2020). Revisiting international marketing strategy in a digital era: Opportunities, challenges, and research directions. *International Marketing Review*, 37(3). <https://doi.org/10.1108/IMR-02-2019-0080>
- Lee, J. W. (2022). Challenges to the Export-Led Growth Strategy in the Digital and Global Era: An Empirical Investigation of South Korea's Experience. *Journal of Asian Finance Economics and Business*, 9(6).
- Lemanowicz, M. (2015). Innovation in Economic Theory and the Development of Economic Thought. *Acta Scientiarum Polonorum. Oeconomia*, 14(4), 61–70.
- Miroshnychenko, I., Strobl, A., Matzler, K., & De Massis, A. (2021). Absorptive capacity, strategic flexibility, and business model innovation: Empirical evidence from Italian SMEs. *Journal of Business Research*, 130. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.02.015>

- Ortega, M. S., Sánchez-García, M. F., & Soto-González, M. D. (2020). [en] development of the entrepreneurial career: Identification of profiles, skills and needs. *Revista Complutense de Educación*, 31(2), 173–184. <https://doi.org/10.5209/RCED.62001>
- Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2010). *Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2010). Business Model Generation - Canvas*. Wiley. <http://www.businessmodelgeneration.com/canvas>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. In *The BMJ* (Vol. 372). <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Reynier Israel, R. M., Juan David, R. P., Nelson David, L. R., & Ramineth Joselin, R. M. (2021). Estrategias empresariales y cadena de valor en mercados sostenibles: Una revisión teórica. *Revista de Ciencias Sociales*, 27(Special Issue 4). <https://doi.org/10.31876/rcs.v27i.36999>
- Ries, E. (2013). The Lean Startup. In *Journal of Chemical Information and Modeling*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Ritala, P., Baiyere, A., Hughes, M., & Kraus, S. (2021). Digital strategy implementation: The role of individual entrepreneurial orientation and relational capital. *Technological Forecasting and Social Change*, 171. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120961>
- Rivera Rodríguez, H. A., & Gonzalez Rodríguez, W. O. (2020). Gente, cambio e innovación: Condiciones para la perdurabilidad empresarial. *Dimensión Empresarial*, 18(2). <https://doi.org/10.15665/dem.v18i2.2141>
- Segarra Ciprés, M., Grangel Seguer, R., Belmonte Fernández, Ó., & Aguado González, S. (2017). ¿Cómo potenciar el emprendimiento y la innovación mediante el desarrollo de proyectos de base tecnológica en el contexto docente universitario? *Revista Tecnología, Ciencia y Educación*. <https://doi.org/10.51302/tce.2017.112>
- Solaimani, S., van Eck, T., Kievit, H., & Koelemeijer, K. (2022). An exploration of the applicability of Lean Startup in small non-digital firms: an effectuation perspective. *International Journal of Entrepreneurial Behaviour and Research*, 28(9), 198–218. <https://doi.org/10.1108/IJEBR-04-2021-0270>
- Stallkamp, M., Hunt, R. A., & Schotter, A. P. J. (2022). Scaling, fast and slow: The internationalization of digital ventures. *Journal of Business Research*, 146. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.03.070>
- Thompson, A., Peteraf, M., Gambie, J., & Strickland, A. J. (2012a). Administración estratégica: Teoría y casos. In *BMC Public Health* (Vol. 5, Issue 1).
- Thompson, A., Strickland, A., Janes, A., Sutton, C., Peteraf, M., & Gamble, J. (2015). Administración Estratégica Teoría y Casos. *Syria Studies* 7(1).
- Varela, R. (2014). *Innovación Empresarial. Arte y ciencia en la creación de empresas*.
- Varela V., R. (2023). Educación empresarial basada en competencias empresariales. In *Educación empresarial*. <https://doi.org/10.2307/jj.5329415.6>
- Vrontis, D., Chaudhuri, R., & Chatterjee, S. (2022). Adoption of Digital Technologies by SMEs for Sustainability and Value Creation: Moderating Role of Entrepreneurial Orientation. *Sustainability (Switzerland)*, 14(13). <https://doi.org/10.3390/su14137949>
- Wheelen, T., & Hunger, D. (2013). Administración estratégica y política de negocios conceptos y casos. *Pearson Educación*, 10.
- Zahoor, N., Khan, Z., Arslan, A., Khan, H., & Tarba, S. Y. (2022). International open innovation and international market success: an empirical study of emerging market

small and medium-sized enterprises. *International Marketing Review*, 39(3).
<https://doi.org/10.1108/IMR-12-2020-0314>

Zhang, K., Feng, L., Wang, J., Qin, G., & Li, H. (2022). Start-Up's Road to Disruptive Innovation in the Digital Era: The Interplay Between Dynamic Capabilities and Business Model Innovation. *Frontiers in Psychology*, 13.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.925277>

USO DE PANELES SOLARES EN PLAYA DEL CARMEN MÉXICO **USE OF SOLAR PANELS IN PLAYA DEL CARMEN MEXICO**

Uzziel Japhet Vega Cadena¹

Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo, México
(uzzielvc@uqroo.edu.mx) (<https://orcid.org/000900082732-6437>)

Janette Carolina Ruiz Moedano

Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo, México
(jcruiz@uqroo.edu.mx) (<https://orcid.org/0009-0005-0042-7834>)

David Reyes Coronado

Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo, México
(davrey@uqroo.edu.mx) (<https://orcid.org/0000-0003-3870-265X>)

Información del manuscrito:

Recibido/Received: 11/11/2024
Revisado/Reviewed: 28/11/2024
Aceptado/Accepted: 18/02/2025

RESUMEN

Palabras clave:

energía solar, sostenibilidad,
paneles solares, medio ambiente.

Ante la creciente demanda de energía en Playa del Carmen producto del crecimiento que el destino turístico internacional ha tenido en los últimos años, se ha impulsado el interés por las energías renovables, especialmente la solar. Este estudio analiza y propone la implementación de paneles solares en la región y su impacto ambiental y económico, así como la viabilidad doméstica del uso de esta tecnología. La instalación de paneles solares se ha incrementado un 40% desde 2019, la mayoría de los usuarios reportaron una reducción del 30-50% en sus facturas eléctricas. Además, el 70% de los encuestados mostró disposición para recomendar esta tecnología a otros, destacando su contribución a la disminución de la huella de carbono local. Los resultados evidencian que el uso de paneles solares no solo es viable, sino también benéfico para la economía local y el medio ambiente, Incentivos gubernamentales y el alto potencial solar de la región son factores clave que fomentan su adopción, sin embargo, ha existido un desconocimiento en algunos sectores sobre el uso de esta tecnología, lo que ante estereotipos anteriores ha desacelerado su uso, se requieren entonces campañas educativas y de difusión que informe sobre sus beneficios, sus usos y trámites además de las facilidades que permitan recuperar la inversión inicial y promover el uso de la tecnología en el ámbito doméstico.

ABSTRACT

Keywords:

solar energy, sustainability, solar
panels, environment.

Given the growing demand for energy in Playa del Carmen as a result of the growth that the international tourist destination has had in recent years, interest in renewable energies has been promoted, especially solar energy. This study analyzes and proposes the implementation of solar panels in the region and its environmental and economic impact, as well as the domestic viability of the use of

¹ Autor de correspondencia.

this technology. Solar panel installation has increased by 40% since 2019, with most users reporting a 30-50% reduction in their electricity bills. Furthermore, 70% of respondents were willing to recommend this technology to others, highlighting its contribution to reducing the local carbon footprint. The results show that the use of solar panels is not only viable, but also beneficial for the local economy and the environment. Government incentives and the high solar potential of the region are key factors that encourage their adoption, however, there has been a lack of knowledge in some sectors about the use of this technology, which in the face of previous stereotypes has slowed down its use, educational and dissemination campaigns are therefore required to inform about its benefits, its uses and procedures in addition to the facilities that allow recovering the initial investment and promote the use of technology in the home environment.

Introducción

En este artículo se llevó a cabo un extenso análisis de fuentes secundarias para generar una investigación documental de corte descriptiva transversal, inicialmente dando un contexto que va de lo general a lo particular de las energías renovables así como su concepto, situación actual y beneficios; tomando como base de la investigación documental se analiza la viabilidad del uso de la energía de paneles solares en la Riviera Maya, en la ciudad de Playa del Carmen en el municipio de Solidaridad Quintana Roo, México.

La inercia del constante cambio parece no tener fin ante la inmensidad del universo, los constantes descubrimientos e investigaciones, así como las nuevas teorías, los conocimientos acumulados en el tiempo y la innovación constante en todos los ámbitos, no sólo evolucionan día a día, sino segundo a segundo quizá como respuesta a la inmensidad anteriormente referenciada ya que como Francis Bacon reseña el ser humano entra en una dinámica de evolución participativa que permite darle orden a las investigaciones y teorías científicas, desarrollarlas para resolver las incógnitas de nuestro universo, por supuesto la curiosidad del ser humano siempre ha sido el motor ambicioso de dicha evolución (Bacon, 1779). Sin embargo, por momentos, paradójicamente vemos omisiones de conocimientos o teorías previas, algunas significativamente básicas, que parecen desaparecer con el paso del tiempo o intencionalmente y que permitirían volver a las bases dando un mayor contexto al presente y al futuro.

Los conceptos o postulados convenientemente desaparecen o se pierden en el tiempo si así favorecen algunos intereses y en algunos casos conocimientos y teorías o prácticas de la óptima utilización de recursos naturales que se han acumulado a lo largo del tiempo tienen significativas omisiones, nuevamente en pro de los intereses de unos cuantos, aunque también es conveniente señalar que no siempre todas las prácticas en común promueven beneficios comunes; el ser humano pareciera tener, entre varias de sus diferencias con otros seres, la capacidad de convertir en una experiencia comunicable toda vivencia que consigue de la realidad que lo rodea, pero el peso de los intereses generacionales o personales pueden detener la evolución en búsqueda de un bienestar común (Cordón,1991).

Sería conveniente entonces pensar que para lograr lo más parecido a un balance en el uso de los recursos es vital por supuesto entender y no olvidar el pasado, pero también tener un conocimiento profundo del presente y adaptar todo el conocimiento vertido a lo largo de la historia de la humanidad en pro de la misma hacia el futuro, promover así una mezcla de pensamiento del tiempo asimétrico e intemporal (Stokes, 2016). Un pensamiento que permita obtener lo mejor del pasado, incluyendo los errores más representativos, adaptarse incesantemente al presente, pero siempre considerando el futuro y detonando acciones que trasciendan en el tiempo más allá del hoy, tomando en cuenta las vertientes que el entorno, en el tiempo traerá consigo, pero también de forma imprescindible teniendo siempre en mente la premisa de que los recursos “NO SON INFINITOS”.

En el lado benévolo de la aplicación del conocimiento a favor del bien común, podemos decir que, a partir del año 2015, el consumo global de energía renovable ha aumentado en un promedio de 2,3%, lo que permitió que existieran emisiones de carbono estables como consecuencia de un consumo de energía y un crecimiento económico relativamente estables. Según la International Energy Agency (2017), los efectos citados están vinculados a un aumento en la penetración de las energías renovables (ER) además de las mejoras en la eficiencia energética.

Método

Importancia de la energía renovable

El reconocimiento a la importancia de la energía renovable y la eficiencia energética se ha ido permeando en el planeta gracias a la globalización, resaltando su papel como estrategias clave para combatir el cambio climático, además de la generación de nuevas oportunidades económicas y la función social que proporciona acceso a la energía a millones de personas que carecen de servicios energéticos modernos; en 2014, la Asamblea General de las Naciones Unidas lleva a cabo una declaración postulando una década de energía sostenible para todos (SE4ALL) todo ello incentivando la búsqueda que conlleve un aumento de la proporción de fuentes de energía renovables en el sistema energético del 18% en 2010 al 36 por ciento en 2030. (Ballesteros, 2016)

Según la International Renewable Energy Agency (IRENA) se ha estimado que las ER crecieron aproximadamente el 19,3% del consumo mundial de energía en 2016; las fuentes de energía renovables como los biocombustibles, la energía eólica, la solar fotovoltaica, la hidroelectricidad y la termosolar son los recursos más utilizados para cocinar o calentar en algunas zonas alejadas o rurales de los países en desarrollo y solo el 10,2% de estas fuentes son consideradas como energías renovables (REN21, 2017).

Canadá, Dinamarca, Alemania, España, el Reino Unido y Brasil han emprendido las acciones enfocadas al desarrollo de tecnologías que habiliten la utilización de un gran número de recursos renovables destinados para producir energía; analizando esta experiencia internacional es posible vislumbrar que la energía renovable se convierte en una prioridad en la agenda energética y no únicamente en los países desarrollados sino en los que están en esa vía, incluso en todos aquellos países que poseen economías emergentes ya que el impacto positivo en el medio ambiente y la sociedad y por consiguiente la economía resulta indudable (Olabi, 2016).

Contexto de las Energías Renovables en el mundo

En el contexto científico y en el afán de buscar nuevos descubrimientos se han llevado a cabo investigaciones que se remontan al siglo XIX, la idea de aprovechar la energía en el entorno se remonta al año 1838 donde el físico francés Alexandre Edmond Becquerel llevó a cabo experimentos que le permitieron descubrir que mediante el uso de la luz solar utilizando dos electrodos metálicos era posible generar electricidad y para el año 1866 el investigador francés Augustin Mouchot crearía el Primer colector solar parabólico, que mediante la captación de rayos solares que eran concentrados mediante un conjunto de espejos calentaban el agua de una caldera, al momento de su ebullición generaba vapor que accionaba un motor. Es evidente que los recursos de otros tiempos se han ido consumiendo y hoy los esfuerzos científicos concentran sus proyectos en el postulado de que las fuentes de energía convencionales ya no son tan rentables comparadas con las alternativas, esto como resultado del aumento de la competitividad de los costos; hoy las energías renovables son más frecuentes y utilizadas y su rentabilidad está siendo cada vez más registrada en las zonas rurales que por lo general es posible que tengan acceso limitado, lo que fortalece su papel en la prestación de servicios energéticos esenciales y el apoyo al sector productivo (Robles y Rodríguez, 2018).

Las energías renovables son entonces un pilar en las transiciones de energía limpia que han aumentado debido a su despliegue en los sectores energéticos de calor y transporte que es uno de los principales facilitadores de mantener el aumento de las temperaturas globales promedio por debajo de 1.5°C; en el escenario de Net Zero

Emissions se plantea que para 2050, las energías renovables permitan una descarbonización casi por completo en la generación de electricidad. Mientras tanto, los combustibles renovables para el transporte y el calor renovable contribuyen a una reducción significativa de las emisiones en el transporte, los edificios y la industria.

Siendo coherentes con los descrito al inicio del artículo es pertinente señalar que las energías renovables tienen ventajas y desventajas, algunas de ellas enunciadas en la siguiente tabla:

Tabla 1
Energías renovables ventajas y desventajas

| Energías renovables | |
|--|--|
| Ventajas | Desventajas |
| Son considerablemente limpias y son valoradas como herramientas fundamentales contra el cambio climático ya que no emiten Gases de Efecto Invernadero. | Algunas fuentes de energía renovable son intermitentes (solar, eólica) y no se tiene un control de operación porque funcionan cuando el recurso está disponible es decir requieren otras fuentes de apoyo que permitan garantizar una continua producción, en ocasiones esas alternativas de apoyo pueden ser combustibles fósiles o centrales hidroeléctricas). |
| Por su naturaleza de ser recursos inagotables fortalecen la independencia energética de las regiones. | Algunas fuentes de energía renovable requieren que se lleven a cabo construcciones de dimensiones considerables que afectan el ecosistema donde se ejecutan como parques eólicos que pueden llegar a modificar el entorno y producir vibraciones o ruido. |
| Cuando se produce la biomasa es descentralizada lo que puede apoyar a la disminución de la dependencia externa de combustibles fósiles primarios ya que cuenta con un alto grado en su desarrollo tecnológico y su suministro a largo plazo es confiable permitiendo el desarrollo de proyectos pequeños y modulares distribuidos geográficamente. | Efecto sombra de los aerogeneradores, al igual que el resto de las estructuras altas, proyectarán una sombra en las áreas vecinas cuando el sol esté visible, lo que puede alterar el ecosistema o inclusive en caso de querer utilizar una fuente de energía solar, esta vería afectado su desempeño. |
| Para el año 2040 la energía solar y fotovoltaica se prevé brinden más de la mitad de la generación en electricidad adicional tomando en cuenta el actual escenario de políticas establecidas y desarrollo | Las estructuras de los aerogeneradores y los rotores de las turbinas, pueden afectar el hábitat y la fauna cambiando sus costumbres o inclusive provocarles accidentes al chocar con ellas. |

sostenible.

La energía eólica offshore posee un alto potencial técnico que permita satisfacer la demanda de electricidad actual y futura, posee grandes ventajas como son el aprovechamiento al máximo de mayores velocidades de viento con menor variabilidad.

El diseñar materiales que puedan soportar las condiciones extremas marinas es quizá uno de sus principales desafíos, además del mantenimiento subsecuente.

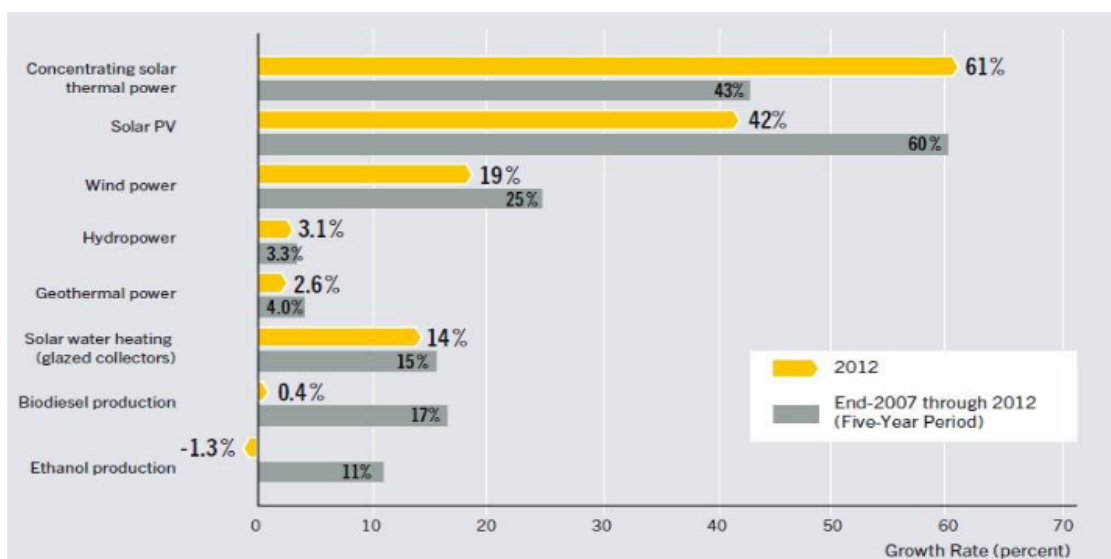
Son fuentes de empleo en las localidades en las que son usadas, además de que han reducido sus costos volviéndolas más competitivas.

No es posible que puedan estar disponibles en todo tipo de territorio y en ocasiones tampoco es posible cambiar su ubicación, no hay una estandarización y cada región tiene una disponibilidad diferente de recursos naturales que permita su uso, lo cual ocasiona una variación de una fuente a otra en la obtención de energía.

En un contexto de preservación las tasas de crecimiento de energías renovables en el mundo han crecido paulatinamente, es cierto que algunas regiones y compañías continúan con prácticas no amigables al medio ambiente, enriquecidas con información para llevarlas a cabo que se trasmite como se mencionó globalmente; sin embargo, la presión del bien común aún que no contundentemente parece influir cada vez más permitiendo que las tasas de crecimiento de las energías renovables crezca paulatinamente y se diversifique en las diferentes alternativas para hacer uso de ella como lo vemos en la Figura 1 que recopila información durante el periodo de 2007-2012 (REN21, 2015).

Figura 1

Tasa de crecimiento anual de las energías renovables (2007-2012)



Nota. La eólica y la fotovoltaica son los tipos de energía renovable que han presentado una mayor aceptación y uso en el período de 2007 a 2012. Tomado de RENEWABLES 2015 GLOBAL STATUS REPORT, <https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2015-Full-Report-English.pdf>

El 86% de la capacidad de generación de energía en Europa es atribuida a fuentes de energía renovables, particularmente eólica y fotovoltaica (REN21, 2017). En 2014, la participación de Alemania aumentó al 24% desde el 10,5% en 2010; por otro lado, las energías renovables son responsables de aproximadamente la mitad de la producción de electricidad de Escocia (REN21, 2015).

El sector de energías renovables de los Estados Unidos contribuyó a más del 15% de la generación de electricidad, la energía eólica y la fotovoltaica produjeron electricidad de manera significativa, pero la generación de bioenergía permaneció estancada (REN21, 2017).

Brasil por su lado ocupa la primera posición en nueva capacidad instalada de energías renovables en América Latina y el Caribe, con 2,5 GW de capacidad de generación con energía eólica para 2014 (REN21, 2015), mientras que Uruguay es el país que ha agregado la mayor capacidad de generación de energía eólica per cápita. Para 2016, la energía eólica representó el 22,8% del consumo eléctrico total del país (REN21, 2017).

La capacidad instalada de energías renovables es la mayor en Asia, China es el país con mayor capacidad de producción de energía solar, eólica e hidroeléctrica mientras Tailandia ya ha superado a países europeos en la producción de energía solar y Pakistán además de Filipinas han incrementado de forma significativa su capacidad de energía eólica (REN21, 2015).

Con el 59% de la electricidad australiana generada por plantas hidroeléctricas y el 32% por energía eólica, Australia tiene la mayor proporción de capacidad de electricidad renovable en la región de Oceanía (REN21, 2017) y en África se ha observado un número cada vez mayor de instalaciones de energías renovables, de hecho actualmente, Sudáfrica está realizando las primeras instalaciones de energía eólica y se ha asegurado su lugar entre los 10 principales mercados de energía solar, por delante de la India. y que Kenia teniendo más de la mitad de la capacidad geotérmica instalada del mundo (REN21, 2015).

Los desafíos que tienen las energías renovables principalmente se suscriben al sector eléctrico que continúa siendo el punto con uno de los crecimientos más sostenidos, fundamentándose en la energía solar fotovoltaica y eólica que ha crecido significativamente en los últimos años, aprovechando claro la contribución ya significativa de la energía hidroeléctrica; sin embargo, la electricidad representa solo una quinta parte del consumo mundial de energía y encontrar un papel más importante para las fuentes de energía renovables en el transporte y la calefacción sigue siendo fundamental para la transición energética.

Las energías renovables son un recurso con un esquema de uso y consumo mucho más amplio y hasta cierto punto inagotable en comparación con los combustibles fósiles, promueven la autosuficiencia en la matriz energética del país, son menos dañinas para el medio ambiente y apoyan a la reducción del cambio climático; por lo tanto, la compleja interconexión de la sostenibilidad y la energía es hoy la base en los procesos de transformación que buscan malear la forma de comportamiento de las sociedades así como los objetivos globales, la crisis ambiental sólo puede abordarse alcanzando un acuerdo profundo y significativo entre la naturaleza y la humanidad, buscando al mismo tiempo revertir los efectos causados por la contaminación y el desproporcionado calentamiento global antropogénico. La gravedad del problema plantea un factor de movilización global para la sociedad y abre la puerta a otras formas de evaluación ambiental y cultural (Perino et al., 2021).

Tipos de energía renovable

La ONU define que podemos decir que las energías renovables son energías derivadas de fuentes naturales pero que en su utilización logran reponerse con mayor velocidad de lo que pueden consumirse, un ejemplo de ello son el viento y la luz solar que son consideradas fuentes con auto renovación relativamente abundante en determinados ecosistemas. Generar energías renovables produce una menor cantidad considerable de emisiones comparada con la quema de combustibles fósiles, por lo cual transitar al uso de ellas resulta fundamental para incidir en la crisis producida por el cambio climático (ONU, 2024).

En la Tabla 2 se presentan las características generales de cada uno de los tipos de energía, donde es evidente que su generación y clasificación tiene que ver con la fuente o recurso natural donde obtienen el motor que las impulsa:

Tabla 2

Tipos de energía renovable.

| | |
|---------------------------|---|
| Bioenergía | Esta energía se obtiene de la biomasa, es decir de la materia orgánica como desechos forestales, agrícolas o ganaderos, una rápida rotación de plantaciones forestales, cultivos energéticos, componentes orgánicos de los desechos sólidos municipales y otros desechos orgánicos (Edenhof, 2011). |
| Energía solar | Proviene del sol y la radiación electromagnética que este produce, es utilizada directamente con tecnologías desarrolladas para captar dicha radiación por medio de células, fotoeléctricas, colectores solares o heliostatos (Vivanco, 2020). |
| Energía geotérmica | Se obtiene del calor disponible en el interior de la tierra. Se aprovecha la salida del vapor del interior del planeta para accionar turbinas. La temperatura necesaria del agua subterránea tiene que ser superior a los 150°C (Schallenber, 2018). |
| Energía hidráulica | Genera electricidad gracias al almacenando agua en embalses o lagos y conforme el agua tiene movimiento a niveles de elevación más bajos durante un lapso de tiempo, al tener movimiento el agua produce energía cinética, que luego se convierte en energía eléctrica mediante su flujo en una planta de energía hidroeléctrica. |
| Energía eólica | Es la energía producida por movimiento de masas de aire o viento, gracias a ello se mueven turbinas, aspas o dispositivos que eventualmente producen energía, Durante el día, la falta de densidad provoca que las masas de aire se calienten y eleven que hace contraste con el aire frío de los océanos, los lagos provocando movimiento y vientos (González et al., 2022). |

América y México en las energías renovables

La región de América Latina y el Caribe es una de las fuentes más ricas de energía natural renovable del mundo donde tienen un gran potencial las energías renovables no

convencionales, de hecho, se estima que la región podría satisfacer las demandas energéticas del crecimiento económico de toda la zona si utilizara solo una pequeña porción de su capacidad renovable no hidroeléctrica (Centro Mexicano de Derecho Ambiental, 2017), y aunque la región sigue dependiendo de los combustibles fósiles y la energía hidroeléctrica América Latina y el Caribe está experimentando un fuerte movimiento silencioso y complejo en el sector de las energías renovables es un progreso lento (Tejeda et al., 2007).

Además de la energía renovable, los países continúan explorando tecnologías no renovables como la fracturación hidráulica para aprovechar las reservas de petróleo y gas con una estimación en gasto de más de 40 mil millones de dólares en subsidiar los combustibles fósiles en la región lo que muestra como las fuentes de energía tradicionales no desaparecerán muy pronto en el continente americano ni en otras partes del planeta (WWF, 2014).

Sin embargo, el mercado de las energías renovables está creciendo rápidamente ya que la región tiene un gran potencial, Costa Rica, Uruguay, Brasil, Chile y México representan esfuerzos en la región para acelerar el cambio de paradigma necesario, según el World Wildlife Fund, sólo el 6% de la energía de la región proviene de fuentes modernas, incluidas la energía solar, la energía eólica, la energía de biomasa y la energía geotérmica, aún que se espera que esta cifra alcance el 20% en 2050 (WWF, 2014).

América Latina es actualmente una región de rápido crecimiento para las energías renovables además de que existe un interés creciente en desarrollar este tipo de recurso ya que su contexto está enmarcado por una constante de precios altos de la electricidad en la mayoría de las regiones y por otro lado el aumento de la demanda con cierto potencial de exportación, lo que proporciona un terreno fértil para el uso de tecnologías de energía renovable, no olvidemos que la región tiene una larga historia de generación hidroeléctrica, lo que impulsa el apoyo en políticas y leyes, es decir la generación de energía es el área que recibe mayor atención en la política y legislación de energías renovables promoviendo su uso estableciendo objetivos de producción de electricidad renovable, incentivos fiscales, disposiciones de acceso a la red y servicios de financiación y políticas de reducción de tarifas, (Robles y Rodríguez, 2018). En la actualidad la mayoría de los países de la región cuentan ya con una legislación en el sector de energías renovables, con excepción de Bolivia, Guyana y Surinam que aún no cuentan con programas en este sector (Robles y Rodríguez, 2018).

El establecimiento de objetivos nacionales de energías renovables proporciona una imagen clara del estado del desarrollo de las energías renovables y del cronograma previsto por el gobierno. Los objetivos se pueden expresar en una variedad de formatos, como capacidad en MW o MWh en relación con la generación o números relativos, un ejemplo de ello según datos de REN21 (2015), es que Ecuador tenía la meta de alcanzar 90 ER en 2017 y una meta de generación hidroeléctrica de 4,2 GW en 2022.

Este tipo de energía aún se encuentra en fases iniciales en México, y aunque el marco regulatorio e institucional es bueno, aún existen obstáculos por superar que imposibilitan el despliegue de energías renovables y ampliar su uso. El país vive una transición energética que resulta consistente en un cambio de rumbo del sector energético, buscando diversificar las fuentes de energía primaria y aumentando la participación de las energías renovables como fuente principal de energía en el territorio nacional, las principales razones de esta transición son la excesiva dependencia de la economía mexicana de los hidrocarburos, así como el impacto ambiental negativo del uso de energía convencional y la garantía de la seguridad energética (Zúñiga et al., 2017).

En línea con los objetivos y estrategias establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, el Programa Sectorial de Energía 2007-2012 tiene como objetivo,

entre otras cosas, equilibrar la cartera de fuentes de energía primarias, promover el uso de fuentes de energía renovables y biocombustibles, y abordar la cuestión energética, para atacar aliviar el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero y para alcanzar estos objetivos, PROSENER define una estrategia y un guion a medio plazo.

Discusión sobre la pertinencia de la energía solar y los paneles solares

La fotoconductividad del selenio fue descubierta por el inglés Willoughby Smith, que en sus experimentos se percató como la conductividad de las varillas de selenio aumentaba exponencialmente al ser expuestas a luz intensa, lo que llevo a sus compatriotas Richard Evans Day y William Grylls Adams a crear la primera célula fotovoltaica de selenio, la cantidad de luz que recibimos por parte del sol es indudable y su aprovechamiento desde aquel entonces ha llamado la atención de los científicos; La cantidad de energía que llega a la Tierra procedente del Sol al año es de 175.000 TW, mientras la cantidad de energía que consume el ser humano es de 17 TW, pero sólo si aprovechamos la energía de esta estrella.

En ese contexto México es un gran lugar para las energías renovables ya que hay regiones donde la radiación es de 130 vatios por metro cuadrado, Alemania por su lado es una de las principales naciones que más electricidad genera a través de sistemas fotovoltaicos en el mundo, a pesar de que recibe la mitad de la irradiación solar que México, la producción eléctrica en México es menor que la de Alemania, hace unos años esta producción era de sólo unos 100 MW y actualmente se estima en 2.015 MW lo cual manifiesta un crecimiento considerable (s.a.,14 de septiembre de 2023).

De 2007 a 2012, la capacidad instalada total en el mundo para algunas fuentes de energía renovables aumentó significativa y rápidamente la energía eólica aumentó la capacidad instalada en poco más de ocho veces, mientras la energía geotérmica ha aumentado poco más de un tercio en comparación con 2001 sin embargo la energía solar la incrementó en 38 veces (Upton & Snyder, 2017).

En este orden de pensamiento, encontramos que la energía solar es sin duda una de las tecnologías de mayor crecimiento no sólo en el periodo antes mencionado sino también en 2012, con esfuerzos globales en investigación y desarrollo en este campo (Manzano et al., 2014). En la Tabla 3 se proporciona más evidencia del progreso de la energía solar fotovoltaica, que muestra la capacidad global para esta energía durante el período 1995 a 2012 (Mercure et al. 2011).

Las energías renovables han ido reemplazando gradualmente a los combustibles convencionales en cinco mercados diferentes: generación de electricidad, calentamiento de agua, calefacción de espacios, combustibles para el transporte y suministro de energía en centros rurales alejados de la red eléctrica (Tsai et al., 2017). En la Tabla 3 se identifican las ventajas y desventajas que ofrece la energía fotovoltaica.

Tabla 3
Ventajas y desventajas de la energía solar fotovoltaica.

| Energía solar fotovoltaica | |
|--|--|
| Ventajas | Desventajas |
| Limpia, renovable, infinita y silenciosa | Gran inversión inicial |
| Retribuida económicamente a la producción para venta a red | Difícil almacenamiento |
| Subvenciones | Proceso de fabricación de módulos complejo y costoso |
| Corto pay-back de la energía | No competitiva con otras energías en la actualidad |
| Sin partes móviles y modular | Producción variable según clima y época del año |

Nota. Energía Solar Fotovoltaica. (2007, diciembre). Colegio Oficial Ingenieros de Telecomunicaciones. Disponible: https://www.coit.es/sites/default/files/informes/pdf/energia_solar_fotovoltaica.pdf

Como se ha mencionado anteriormente la energía solar fotovoltaica es recibida a través de paneles o células solares de las cuales existen hasta cuatro generaciones, la primera de silicio, la segunda de película fina y la tercera de cobre, galio y selenio, donde la eficiencia es similar, la última generación de células fotovoltaicas son las orgánicas.

Las células de tercera y cuarta generación se pueden utilizar en ventanas, maletas y ropa, la diferencia entre estos dispositivos y las primeras generaciones es que estos últimos absorben la luz y cuentan con equipos que pueden cargar dispositivos móviles. Se pretende que la próxima generación de células solares sea más eficiente, ya que las células orgánicas más modernas, además de ser flexibles y semitransparentes, ya están creadas por diseño y el desafío es hacerlos estables para que puedan ser reemplazados fácilmente si fallan.

En 2003 el costo de producir energía solar era de siete dólares por vatio por lo que el retorno de la inversión era a largo plazo, además de la necesidad de respaldo o almacenamiento para uso nocturno y diurno, es decir el área de oportunidad radicaba en la capacidad de almacenamiento de la energía generada, el punto más débil de los sistemas fotovoltaicos. La producción de un vatio en pesos fue de 75.53 esto como consecuencia del tipo de cambio aún que por otro lado el costo de los paneles solares en Estados Unidos fue de 3.50 dólares por vatio y en México fue de 6.65 dólares por vatio.

Evidentemente con esta información era de esperarse que existieran limitaciones presupuestales importantes hacía que este tipo de generadores de energía lo que implicaba que era restrictivo y únicamente disponible para algunos, pero en los últimos tres años, el costo de los paneles solares ha bajado alrededor de un 60%, con lo que el precio medio de 1.81 dólares por vatio se redujo a 0.7 dólares por vatio, el costo del vatio entre 22.9 pesos en 2007 y 8.8 pesos en 2010 evidentemente la variación también respondió al tipo de cambio de la moneda estadounidense en ese momento.

El uso de paneles solares ha permitido documentar sus beneficios y destacar algunas buenas prácticas en varias partes del mundo entre las que podemos mencionar a Friburgo, Alemania que es un referente global en el uso de energía solar y sostenibilidad urbana, ya que la ciudad ha integrado paneles solares en edificios públicos y privados, maximizando la captación solar y gracias a políticas locales, los nuevos desarrollos deben incluir sistemas fotovoltaicos o cumplir con estándares de eficiencia energética, logrando

así reducir significativamente sus emisiones de carbono mediante una combinación de energía renovable y transporte sostenible donde los residentes participan activamente en cooperativas solares, compartiendo la energía generada y reduciendo costos. Power, G. (2016, 31 agosto) Isabel. (2024, 18 diciembre).

Otro ejemplo destacable es el de San Diego, Estados Unidos que funge como líder en uso de energía solar en Norteamérica con programas de equidad energética, "San Diego Solar Equity Program" que facilita el acceso a paneles solares para familias de bajos ingresos, cubriendo hasta el 100% del costo de instalación, además de ofrecer subsidios y financiamiento para instalaciones solares residenciales, lo que ha impulsado su adopción masiva, San Diego es una de las ciudades con mayor capacidad instalada per cápita en EE.UU., gracias a políticas locales que incentivan la transición energética. Ini, L. (2022, 12 agosto), Admin. (2024, 3 octubre)

Singapur y Barcelona son otros 2 ejemplos que han hecho una implementación exitosa en el uso de energía solar, Singapur por su lado combina urbanización con sostenibilidad, debido a la limitación de espacio, hace uso de paneles solares integrados en edificios (BIPV), como ventanas fotovoltaicas y techos verdes con sistemas solares, además de implementar proyectos solares flotantes para maximizar el uso del agua como superficie generadora de energía. GetSolar. (2024, 4 julio), Granda, C. (2024, 14 junio). Barcelona, España por su lado tiene una regulación obligatoria desde 2006, que exige la instalación de paneles solares térmicos en nuevos edificios y renovaciones importantes además de fomentar proyectos colectivos donde comunidades comparten la energía generada por sistemas solares comunes. (S/f). Sotysolar.es., Evoconfort. (2025, 13 enero).

En México la participación en proyectos relacionados con este tipo de energía se ha incrementado en la generación energética fotovoltaica en estados como Sonora, Baja California, Baja California Sur, San Luis Potosí, Guanajuato, Chihuahua, Coahuila, Yucatán, Jalisco y Morelos.

Ahora bien, hablando de este tipo de energía en un ámbito doméstico podemos encontrar que, en Estados Unidos, un sistema solar para una casa costaba entre \$15,000 y \$29,000 dependiendo del consumo del usuario, además representaba más de la mitad del ingreso promedio de un hogar, por lo que el gobierno aplicó políticas fiscales para ayudar al dinamismo del sector solar y el mercado de paneles.

Anteriormente el costo de producir un vatio de energía solar era de 1.7 dólares en 2017, por lo que la oferta ha aumentado y los costos en el mercado son menores, es decir, empresas, industrias y familias optan cada vez más por la instalación de sistemas fotovoltaicos gracias a la reducción de costos y apoyos gubernamentales, siendo el costo de producción solar de 32.16 pesos por dólar.

Para 2019, costo de la energía solar fue de 0.244 dólares por vatio y el tipo de cambio promedio anual fue de 19.24 pesos por dólar, es decir que se pueden ofrecer mejores precios por sus sistemas fotovoltaicos. El periodo de recuperación de la inversión en energía solar se puede alcanzar en 3 años, tomando en cuenta el precio, el costo por vatio en México era de 2.23 pesos en 2020, en los últimos 20 años, el costo de los paneles solares ha bajado, haciéndolos accesibles para las familias y su uso doméstico. Además, las baterías de almacenamiento ya no son necesarias.

El panel solar tiene una garantía de 20 años, si no hay fallas en el panel solar después de su instalación, la empresa proveedora ya no tendrá la necesidad de comunicarse con el cliente; sin embargo, algunas empresas ofrecen servicios adicionales después de la instalación, como monitorear el sistema fotovoltaico para ver en qué horas del día está produciendo más energía solar o simplemente indicar que el sistema esté funcionando correctamente.

La gestión que se tiene en México con la Comisión Federal de Electricidad (CFE) cambia a partir del 2014 con el Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (PRONASE), que en conjunto con el Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018 autoriza la instalación en el domicilio o negocio su propia central Eléctrica de Generación Distribuida y Generación Limpia Distribuida menor a 0.5 MW, a través de su gestión realiza un contrato de interconexión con CFE Suministrador de Servicios Básico. Para realizar la solicitud del contrato de interconexión de una central eléctrica con capacidad menor a 0.5 MW que se publicaron en el Diario Oficial de la Federación el 7 de marzo del 2017, se solicita lo siguiente:

- Solicitud de Interconexión.
- Mapa de la ubicación geográfica de la Central Eléctrica y coordenadas Geográficas.
- Diagrama unifilar de la Central Eléctrica y, Centros de Carga que compartirán el mismo punto de Interconexión/Conexión.
- Ficha técnica de generación utilizada (tecnología del generador).
- Ficha técnica y certificado del inversor de corriente o sistema de adecuación de corriente
- Copia del último recibo, sin adeudos.

Una vez instalados los paneles de energía solar se instala un medidor bidireccional, que básicamente es un medidor con características similares a los convencionales, la diferencia radica en que admite dos fuentes de suministro eléctrico, la conexión bilateral permite al usuario consumir energía de la CFE en el caso de que no se genere la cantidad de energía que requiere para su consumo, cabe señalar que en el caso de generar más energía de la que necesita el usuario, esta se envía a la CFE y el medidor bilateral hace el registro para que obtengas un saldo a favor.

A continuación, se presenta una imagen de cómo podría quedar la instalación en una vivienda, tomando en cuenta que el cableado va oculto sobre los espacios eléctricos para las instalaciones de luz de la vivienda (Figura 2).

Figura 2

Ejemplo de instalaciones en una vivienda



Resultados

Conclusiones

Es evidente que el uso de energía solar en el ámbito doméstico constituye uno de los mercados con mayor potencial en México, los costos actuales, así como las políticas y administración de este tipo de alternativa energética permite que cada vez más usuarios la seleccionen como una alternativa que no sólo permite impactar menos al medio ambiente sino que promueve un ahorro y eventualmente la recuperación de la inversión es relativamente corta dependiendo del consumo del usuario. En México existen varias instituciones que financian y promueven sistemas fotovoltaicos para el sector vivienda, mipymes y agronegocios, estas instituciones cuentan con listados de proveedores confiables, los cuales son verificados a través de terceros o por la propia institución.

Se identificó la presencia de más de 600 empresas que han incursionado en el mercado de generación distribuida fotovoltaica en México, pero la información reportada en estos portales no necesariamente refleja el universo total de empresas con participación en el mercado mexicano, existen al menos 28 empresas nacionales y extranjeras fabricantes de paneles fotovoltaicos que están certificadas con el sello FIDE.

Un registro de 563 empresas desarrolladoras de proyectos fue creado por FIRCO, institución que ha apoyado la instalación de sistemas fotovoltaicos en la agroindustria, los estados con mayor concentración de empresas son Sonora, Jalisco, Nuevo León, Chihuahua, Sinaloa, Ciudad de México, Estado de México y Baja California (Gerardo, 2023).

Hoy día los costos de almacenamiento de energía generada también han cambiado de precio, la tecnología ha mejorado y esto ha permitido mayor eficiencia, la Tabla 8 presenta las opciones de almacenamiento de energía solar podemos encontrar.

Tabla 8

Opciones de almacenamiento de energía solar fotovoltaica

| Tipo de batería | Costo | Tiempo de carga | Capacidad típica | Número de ciclos | Costo anual de mantenimiento |
|----------------------|--------------------|-----------------|------------------|---------------------|------------------------------|
| Plomo-ácido | \$1,000 - \$3,000 | 8 a 10 horas | 50 a 200 Ah | 300 a 500 ciclos | \$500 a \$2,000 |
| Níquel-cadmio | \$2,000 - \$8,000 | 3 a 5 horas | 20 a 100 Ah | 500 a 1000 ciclos | \$1000 a \$2,500 |
| Níquel-metal hidruro | \$3,000 - \$9,000 | 4 a 6 horas | 50 a 200 Ah | 500 a 2000 ciclos | \$500 a \$2,000 |
| Ion litio | \$5,000 - \$15,000 | 2 a 3 horas | 50 a 100 Ah | 4000 a 10000 ciclos | \$1000 a \$4,000 |
| De gel | \$4,000 - \$12,000 | 8 a 10 horas | 50 a 200 Ah | 1200 a 1500 ciclos | \$500 a \$2,000 |
| Níquel-hierro | \$5,000 - \$13,000 | 6 a 8 horas | 20 a 100 Ah | 2000 a 3500 | \$300 a \$1,200 |

Nota. Características de baterías para instalaciones de sistemas fotovoltaicos aislados en zonas rurales del departamento de Santander Colombia. (s. f.). Unidades Tecnológicas de Santander.

Respecto a los tipos de paneles podemos encontrar gran diversidad que se adapta

al presupuesto y necesidades de cada usuario, por ejemplo:

Paneles solares flexibles

Probablemente uno de los inconvenientes más señalados del costo para los paneles solares son las dimensiones de los mismos, pero hoy esto no ha sido impedimento para promover su innovación ya que actualmente se han desarrollado paneles solares flexibles portátiles, cuya propuesta de venta incluye su utilización en:

- Puesta en marcha los vehículos recreativos y automóviles
- Cargadores de baterías solares
- En hogares por su bajo costo
- Expediciones al aire libre o actividades donde no hay centrales de luz.
- Estos son considerados como los mejores paneles solares para ser utilizados en embarcaciones marítimas ya que están totalmente impermeabilizados lo que permite que soporten el agua salada del mar

Los paneles flexibles tienen las siguientes características:

Panel solar flexible policristalino

Compuesto por la unión cristales de silicio, tienen un proceso fabricación rápido y son más económicos ya que usan menos materiales en el proceso de producción, actualmente son los más conocidos en todo el mundo, son ideales para su uso en área residencial y su proceso de calentamiento resulta muy ágil y rápido poseen un color azul marino oscuro en el momento que están recibiendo la luz solar.

Panel solar monocristalino flexible

Sus celdas son fabricadas con cristales de gran pureza de silicio, son de color negruzco y sus bordes redondeados, una de las desventajas que tiene es que su fabricación es muy lenta y su gasto energético es mayor, sin embargo, se les caracteriza porque tienen un rendimiento bastante alto en zonas de poca luz, su vida útil puede llegar a ser de hasta 50 años, son más eficientes, pero de igual forma, son más costosos.

Paneles solares cristalinos flexibles

Sus celdas se fabrican con el mismo silicio de los paneles convencionales, son los más comunes con el único detalle de que sus celdas fotovoltaicas son flexibles.

Panel solar semiflexible

Son bastante eficientes, por lo general usan baterías de 12v, son utilizados idealmente para llevar a cabo viajes tanto terrestres como marítimos por lo general domésticos aprovechando la ligereza que poseen ya que no llegan a pesar más de 2 kilos, son más caras que las placas solares rígidas.

Paneles solares flexibles de película delgada

Es una nueva tecnología que funciona imprimiendo el material fotovoltaico y posteriormente adhiriéndolo sobre una superficie delgada, sin embargo se considera que tienen una menor duración al carecer de la protección del silicio.

Costos:

- Kit de panel solar flexible. Supera los \$500 dolares y tiene un rango de hasta 248 grados.
- Placa solar de 12v extremadamente flexible. ronda los \$200 dólares pero tiene la posibilidad de poderse instalar hasta en el techo curvado de un flujo de aire
- Panel solar flexible 120w 4. se encuentra cerca de los 600 dólares y posee un cristal con propiedades antirreflectantes de alta transmisión de luz,
- Placa solar flexible 200w. cuesta 170 dólares aproximadamente y poseen un controlador de corriente de 10 A.
- Placa solar flexible 300w. su precio ronda los 1000 dólares y tiene una potencia máxima en STC (Pmax) de 100w y un voltaje máximo de 1000 V CC.

- Panel solar flexible 400w. con un precio de 450 dólares, ofrece un material de silicona de alta calidad que permite una mayor fiabilidad y estabilidad.
- Panel solar flexible 500w. su costo es menor a 90\$ tiene una vida útil de hasta 20 años y posee una silicona monocristalina doble.

Independientemente de la alternativa por cuestión de su entorno tanto físico como económico que utilice el usuario el uso de alternativas de generación de energía no sólo beneficia al planeta y la economía del usuario, además de alguna manera puede llegar a independizarlo paulatinamente del consumo y pago de energía utilizando fuentes de almacenamiento adecuadas, en economías de tan vertiginoso crecimiento como el caso de Playa del Carmen, ubicada en la Riviera Maya, Quintana Roo y reconocida como un destino turístico internacional que atrae millones de visitantes y por consiguiente miles personas que buscan trabajo cada año y que ha generado una demanda creciente de energía, lo que ha llevado a la región a enfrentar desafíos significativos en términos de sostenibilidad y gestión ambiental, el uso de paneles solares podrían impactar la dependencia de fuentes tradicionales de energía, como los combustibles fósiles, lo cual no solo incrementa los costos energéticos, sino que también contribuye a la contaminación y por consiguiente al cambio climático.

Un testimonio del impacto en la adquisición de este tipo de energía lo encontramos en el caso de la familia Vera que estableció su residencia en Playa del Carmen hace 10 años y que hasta hace unos meses adquirieron una vivienda ya que rentaban, la nueva vivienda es significativamente más grande a los departamentos donde vivían y el costo que pagaban de luz era de alrededor de \$1500 pesos Mexicanos bimestrales, con picos en temporadas de calor que llegaban hasta los \$2400 pesos, sin embargo la nueva casa representaba nuevos desafíos, ya que tiene 3 pisos, por el momento adquirieron 3 aires acondicionados, 2 de 8000 btu British thermal unit que pueden enfriar una habitación de entre 4 y 8 metros cuadrados cada uno y un aire acondicionado más con capacidad de 16000 btu que enfría lo doble, en cada piso se instaló un aire acondicionado y con la experiencia que habían tenido decidieron adquirir paneles solares; como parte de los requisitos que la CFE establece para colocar el medidor bidireccional se requiere exista una facturación inicial, por lo que el primer pago que hicieron sin paneles fue de \$4495.61 y ya con el uso de paneles solares su pago es hoy de \$63, la familia refiere que aun cuando tienen la tecnología cuidan el consumo, sin embargo se sienten con menor presión de recibir facturas con cifras altas de cobro, la inversión en paneles solares valió la pena.

El uso de paneles solares se presenta como una solución innovadora y eficaz para mitigar costos, la energía solar es una fuente renovable que aprovecha la radiación solar para generar electricidad, y su implementación en Playa del Carmen ha cobrado fuerza en los últimos años. Gracias a su clima cálido y soleado durante la mayor parte del año, la región cuenta con condiciones ideales para maximizar la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos, la adopción de paneles solares no solo representa una alternativa ecológica y sostenible, sino que también ofrece beneficios económicos considerables, los costos iniciales de instalación se están viendo compensados por los ahorros en las facturas de electricidad y por incentivos gubernamentales que fomentan el uso de energías renovables. Además, se estima que cada sistema fotovoltaico instalado contribuye significativamente a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, ayudando a combatir el cambio climático.

A medida que más residencias, hoteles y negocios locales optan por esta tecnología, Playa del Carmen se posiciona como un ejemplo destacado en la transición hacia un modelo energético más sostenible. Esta tendencia no solo mejora la calidad del medio ambiente local, sino que también puede influir positivamente en el atractivo turístico del destino al alinearse con las crecientes expectativas de los viajeros

conscientes del medio ambiente. Además los beneficios económicos de ahorro son significativos, que si bien es cierto dependen del consumo promedio permiten darnos una idea del ahorro significativo y retorno de inversión, en éste contexto cabe señalar que interviene también el ámbito cultural, es decir no por tener paneles gastarás más de lo que estás acostumbrado a gastar.

Retomando el caso presentado y comparando las facturaciones antes y después del uso de paneles solares, vemos que ésta vivienda en promedio gastaba 1355 (kwh) bimestrales sin paneles solares, lo que equivale a \$4495.61 pesos Mexicanos al bimestre, si continuara con su consumo promedio, lo cual es poco probable dadas las épocas de calor donde hay picos de consumo, anualmente estaría pagando \$26,973.66 pesos Mexicanos, esto si el precio del kilowatt se mantuviera, es decir su consumo anual sería de alrededor de 8,130 (kwh); hoy ese mismo hogar mediante el uso de 5 paneles solares está teniendo un consumo registrado bimestral de 330 (kwh), lo equivalente a \$63 pesos Mexicanos, unos \$378 pesos Mexicanos anuales, si tomamos en cuenta que ese consumo tiene un excedente a favor por la energía que generó con los paneles y que se acumula al siguiente periodo, lo que permite compensar los picos de gasto en época de calor, ahora bien si consideramos que el costo de los paneles e instalación fue de \$50,000 pesos Mexicanos, la vivienda está recuperando su inversión en 22 meses aproximadamente, lo cual es totalmente sostenible a mediano plazo.

Dentro del fomento al uso de éste tipo de tecnologías en el estado de Quintana Roo se han llevado a cabo iniciativas y políticas publicas así como varios proyectos y esfuerzos donde podemos incluir que en el Plan Estatal existe el Fomento de la Eficiencia Energética y del Aprovechamiento de las Fuentes de Energía Renovable (PLANFEER), que impulsa no sólo el uso de la energía solar sino además el diseño eficiente de viviendas urbanas y disminución de la deforestación así como una reducción de desechos y producción de energía con residuos; otra iniciativa es la segunda convocatoria promovida estatalmente para que empresas quintanarroenses se beneficien de un fondo de financiamiento de 15 millones de dólares que sean utilizados en la instalación de sistemas fotovoltaicos que permitan el ahorro de alrededor del 30% de su facturación actual, cuidando que no exista inversión inicial y obteniendo un incentivo de 6 meses de energía producida gratis. Se ha establecido además un convenio con World Resources Institute (WRI) para implementar medidas de eficiencia energética y actualización de los reglamentos de construcción y el Laboratorio de Energías Renovables (NREL) de Estados Unidos ha llevado a cabo investigaciones en la Península de Yucatán que permitan la transformación del sector eléctrico. Joaquín, P., & Joaquín, P. (2021, 30 octubre). Por su lado la Secretaría de Bienestar de Quintana Roo (Sebien), le brindó a la empresa Energain de México un contrato que permitirá que en el municipio de Solidaridad donde se encuentra Playa del Carmen se instalen 405 paneles solares en 221 hogares. Pantoja, H. (2024, 12 agosto). En resumen, el uso de paneles solares en Playa del Carmen representa ya una estrategia clave para abordar los desafíos energéticos actuales y promover un futuro más sostenible, la combinación de recursos naturales abundantes y un compromiso creciente con prácticas ecológicas tanto privadas como gubernamentales continuas y perseverantes colocaría a esta ciudad en el camino hacia una economía más verde y sostenible (Guevara, 2023).

Referencias

Admin. (2024). *Tendencias en instalaciones fotovoltaicas para 2025*. Helukabel. <https://helukabelmexico.com/noticias/tendencias-en-instalaciones-fotovoltaicas/>

- Arévalo-Molina, J. P., Ortiz-Jiménez, R. D., Gama, E. N., Ramos, O. L., Duque, J. (2014). Diseño e implementación de un prototipo de vehículo solar con almacenamiento de energía. *Revista Científica*, 1(18), 159-165. <https://doi.org/10.14483/23448350.5594>
- Bacon, F. (1779). *Francisci Baconi, baronis de Verulamio Novum organum scientiarum*. apud JJ Stahel.
- Ballesteros-Ballesteros, V. (2016). Panorama mundial de las energías renovables e importancia de la energía solar fotovoltaica. *Revista Científica*, 26, 194-203.
- Centro Mexicano de Derecho Ambiental. (2017). *Marco jurídico de las energías renovables en México*. Centro Mexicano de Derecho Ambiental.
- Cordón, F. (1991). *La naturaleza del hombre a la luz de su origen biológico* (Vol. 1). Anthropos Editorial.
- Corcobado, T. D., & Rubio, G. C. (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. McGrawHill.
- Diez, H., Ortega, M. (2013). *Energía hidráulica en México y el mundo*. Bibliat. UNAM. <https://biblat.unam.mx/hevila/Geotermia/2013/vol26/no1/10.pdf>
- Edenhof, O., Pichs-Madrugaer, R., & Sokona, Y.(2011). *Fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/srren_report_es-1.pdf
- Energía Solar Fotovoltaica. (2007). Colegio Oficial Ingenieros de Telecomunicaciones. https://www.coit.es/sites/default/files/informes/pdf/energia_solar_fotovoltaica.pdf
- Evoconfort. (2025). *Proyecciones y tendencias 2025: ¿Hacia dónde va la energía renovable?* Evo Confort. <https://www.evoconfort.com/proyecciones-y-tendencias-2025-hacia-donde-va-la-energia-renovable/>
- GetSolar. (2024). *Solar Energy in Singapore: Exploring Projects and Incentives*. GetSolar. <https://getsolar.ai/blog/solar-financial-incentives-singapore-2/>
- Gerardo, M. (2023). *Elementos Económicos y de Mercadotecnia para Dinamizarlo: 2015-2020*. UNAM-Dirección general de bibliotecas. <https://tesiunam.dgb.unam.mx>
- González, K., Ortega, J., Tibanta, E. (2022). Las Energías Renovables y la Sostenibilidad en Territorio. *Dom. Cien*, 8(2), 1401-1417.
- Granda, C. (2024). *Principales prácticas de construcción sostenible*. Leaf. <https://leafatam.com/principales-practicas-de-construccion-sostenible/>
- Guevara, D. (2023). *Paneles solares flexibles*. Greentech. <https://www.greentecher.com/panel-solar-flexible/>
- IEA: International Energy Agency. Bioenergy. <https://www.iea.org/energy-system/renewables/bioenergy>
- IEA: International Energy Agency. Hydroelectricity. <https://www.iea.org/energy-system/renewables/hydroelectricity>
- IEA: International Energy Agency. Renewables. <https://www.iea.org/energy-system/renewables>
- IEA: International Energy Agency. VP Solar. <https://www.iea.org/energy-system/renewables/solar-pv>
- IEA: International Energy Agency. Wind. <https://www.iea.org/energy-system/renewables/wind>
- IEA: International Energy Agency. Renewables. <https://www.iea.org/energy-system/renewables>
- IEA: International Energy Agency. Bioenergy. <https://www.iea.org/energy-system/renewables/bioenergy>

- IEA: International Energy Agency. VP Solar. <https://www.iea.org/energy-system/renewables/solar-pv>
- IEA: International Energy Agency. Hydroelectricity. <https://www.iea.org/energy-system/renewables/hydroelectricity>
- IEA: International Energy Agency. Wind. <https://www.iea.org/energy-system/renewables/wind>
- Ini, L. (2022). *La ciudad estadounidense de San Diego instala energía solar sin costo en comunidades de bajos ingresos*. Pv Magazine Latin America. <https://www.pv-magazine-latam.com/2022/08/12/la-ciudad-estadounidense-de-san-diego-instala-energia-solar-sin-costo-en-comunidades-de-bajos-ingresos/>
- International Energy Agency. (2017). International Energy Outlook 2017. <https://goo.gl/quVQuN>
- Joaquín, P., & Joaquín, P. (2021). *Quintana Roo fomenta el uso de la energía solar y eólica*. Coordinación General de Comunicación. Gobierno de México. <https://cgc.qroo.gob.mx/quintana-roo-fomenta-el-uso-de-la-energia-solar-y-eolica/>
- Kaku, M. (2005). *El universo de Einstein: cómo la visión de Albert Einstein transformó nuestra comprensión del espacio y el tiempo*. Antoni Bosch editor.
- Manzano-Agugliaro, F., Alcayde, A., Montoya, F. G., Zapata-Sierra, A., & Gil, C. (2013). Scientific production of renewable energies worldwide: An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 18, 134–143. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.10.020>
- McKern, B. (Ed.). (1993). *Transnational corporations and the exploitation of natural resources* (Vol. 10). Taylor & Francis.
- MÓDULO 4: Reguladores, inversores y baterías. (s. f.). Gobierno de Santa Fe. <https://www.santafe.gob.ar/ms/academia/wp-content/uploads/sites/27/2019/12/M%C3%B3dulo-4-Inversores-reguladores-bater%C3%ADas.pdf>
- ONU. ¿Qué son las energías renovables? <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-renewable-energy>
- ONU. Organización de las Naciones Unidas. ¿Qué son las energías renovables? <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-renewable-energy>
- Olabi, A. (2016). *Renewable Energy and Energy Storage Systems*. Renewable and Sustainable Energy Reviews.
- Paneles solares flexibles, claves para tener energía limpia en México. *Gaceta UNAM*. <https://www.gaceta.unam.mx/paneles-solares-flexibles-claves-para-tener-energia-limpia-en-mexico/>
- Pantoja, H. (2024). Se benefician más de 900 familias en Q.Roo con paneles solares. Suncore. <https://suncore.com.mx/paneles-solares/se-benefician-mas-de-900-familias-en-q-roo-con-paneles-solares/>
- Perino, E., Kiessling, R., & Silnik, A. (2021). Energías renovables y sustentabilidad: una eficiente forma de gestionar los recursos naturales. *Revista Digital Universitaria (rdu)*, 22(3). https://www.revista.unam.mx/wp-content/uploads/v22_n3_a4.pdf
- Power, G. (2016, 31 agosto). Freiburg, capital ecológica de Alemania | Energía Solar en Lleida | Gen Power. Energía Solar En Lleida | Gen Power. <https://www.genpower.es/freiburg-capital-ecologica-de-alemania/>
- REN21. (2017). Renewables 2017 Global Status Report. <https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2017-Full-Report-English.pdf>
- REN21. (2015). Renewables 2015 Global Status Report. <https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2015-Full-Report-English.pdf>

- ROBLES, C. y RODRÍGUEZ, O. (2018). Un panorama de las energías renovables en el Mundo, Latinoamérica y Colombia. *Revista Espacios*, 39(34), 10. <https://www.revistaespacios.com/a18v39n34/a18v39n34p10.pdf>
- Schallenberg, J. (2018). Energías renovables y eficiencia energética. Instituto Tecnológico de Canarias.
- Secretaría de Energía. (2012). *Prospectivas de Energías Renovables 2012-2026*. SENER.
- Stokes, P. U (2016) Asimetría temerosa: la búsqueda kierkegaardiana de la dirección del tiempo.
- Tejeda, M. A., Gay, G. C., Cuevas, G. G., & Rivera, B. C. (2007). *Escenarios de energías renovables en México bajo cambio climático*. SEMARNAT.
- Tsai, S.-B., Youzhi, X., Jianyu, Z., Quan, C., Yubin, L., & Jie, Z. (2017). Models for forecasting growth trends in renewable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1169- 1178.
- Upton, G., y Snyder, B. (2017). Funding renewable energy: An analysis of renewable portfolio standards. *Energy Economics*, 205-216.
- Vivanco, E. (2020, August). Energías renovables y no renovables. Ventajas y desventajas de ambos tipos de energía. In *Biblioteca del Congreso Nacional de Chile/BCN*. Asesoría Técnica Parlamentaria.
- WWF. (2014). *Líderes en energía limpia. Países top en energía renovable en Latinoamérica*. WWF.
- Zuñiga, I. Y. C., Lona, L. R., & Flores, M. D. R. S. (2017). Tecnologías verdes: energías renovables como una alternativa sustentable para México. *Repositorio de la Red Internacional de Investigadores en Competitividad*, 11, 1557-1575. <https://www.riico.net/index.php/riico/article/download/1518/1178>

TÉCNICAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL EN EDIFICACIONES PATRIMONIALES PARA MAMPOSTERÍAS DE ADOBE PARA UNA CORRECTA INTERVENCIÓN
STRUCTURAL REINFORCEMENT TECHNIQUES IN HERITAGE BUILDINGS FOR ADOBE MASONRY FOR A CORRECT INTERVENTION

Ángel Silva Cascante¹

Colegio de Arquitectos, Ecuador

(angelsilvac@hotmail.com) (<https://orcid.org/0000-0002-7600-1320>)

Guadalupe del Rosario Uría Cevallos

Colegio de Arquitectos, Ecuador

(guadalupeuriac@gmail.com) (<https://orcid.org/0000-0002-1814-1632>)

Información del manuscrito:

Recibido/Received: 22/04/2024

Revisado/Reviewed: 24/09/2024

Aceptado/Accepted: 18/02/2025

RESUMEN

Palabras claves:

morteros, mucilago, cal, llaves, inyecciones.

Esta investigación muestra un procedimiento de reforzamiento estructural aplicable a edificaciones patrimoniales con muros de adobe afectados por fisuras, la intervención se realiza mediante el uso de materiales y técnicas tradicionales como: cal, barro, paja de monte y mucilago de nopal para morteros e inyecciones. La metodología que se aplicó tiene un enfoque cuantitativo que se focaliza en un diseño experimental y se aplicó en este reforzamiento estructural para recuperar los mampuestos afectados por fisuras producidas por asentamientos, movimientos sísmicos o fatiga de los materiales en el muro, provocando que este pierda su capacidad de resistencia mecánica, como: la compresión, flexión y tracción, esto indica que se debe devolver las características mecánicas originales del mampuesto. Para este reforzamiento estructural se realizaron los siguientes pasos: verificar el daño que afecta al muro, luego se investigó la presencia o no de pintura mural sobre los enlucidos, en este caso no se encontró pintura de valor, lo que permitió retirar el aplanado para determinar el tipo de afectación, se localizó una fisura que cortó todo el ancho del muro, debiéndose verificar su longitud y profundidad. Luego se identificaron los materiales con los que está construida la estructura. Estos pasos determinaron el tipo de intervención y materiales que se utilizaron para realizar el reforzamiento estructural; en este caso se procedió a ejecutar el descosido y cosido de la mampostería, inyección de mortero y colocación de llaves de madera reforzadas con varillas de acero. Bajo estos parámetros se ejecutó un correcto reforzamiento de la

¹ Autor de correspondencia.

mampostería afectada, cumpliéndose una apropiada restauración arquitectónica.

ABSTRACT

Keywords:

mortars, mucilage, lime, wooden staples, mud injection.

This research presents a structural reinforcement method suitable for heritage structures featuring adobe walls compromised by fissures. The intervention involves the employment of traditional materials and techniques including: lime, clay, wild grass, and nopal mucilage for mortars and grouting. The applied methodology follows a quantitative approach, focusing on an experimental design, and was implemented in this structural reinforcement to restore masonry affected by cracks caused by settlements, seismic movements, or material fatigue within the wall, leading to a reduction in its mechanical resistance properties, such as compressive, flexural, and tensile strength. This indicates the need to restore the original mechanical properties of the masonry. The structural reinforcement was carried out following these steps: damage assessment of the wall, including an investigation to determine the presence of any mural paintings on the plaster. As no valuable paintings were present, the plaster was removed to expose the underlying damage, revealing a crack traversing the entire width of the wall. The crack's dimensions were measured, and the materials comprising the structure were identified. The preceding steps informed the choice of intervention and materials for the structural reinforcement. The work involved the disassembly and reassembly of the masonry, injection of mortar, and installation of wooden dowels reinforced with steel rods. Following these parameters, the result was a successful strengthening of the damaged masonry, achieving a faithful architectural restoration.

Introducción

Este estudio busca tipificar métodos y sistemas de reforzamientos estructurales para edificaciones patrimoniales. La importancia de esta investigación radica en el establecimiento de la viabilidad del uso correcto de métodos y técnicas para recuperar las estructuras y realizar una adecuada intervención. Para realizar las técnicas de intervención se utilizan materiales tradicionales que sean similares a los originales. Se usan además técnicas tradicionales de construcción para que, en lo posible, ayuden a mantener los valores propios de la edificación patrimonial.

Los métodos y técnicas de reforzamiento analizados en esta investigación han sido aplicados en estructuras que se encuentran en Quito; ciudad que tiene un Centro Histórico de gran importancia, con una extensión de 376 hectáreas y en donde se asienta gran parte de su arquitectura colonial como las edificaciones de la calle La Ronda (Fig.1). Hay alrededor de 130 edificios monumentales. En cuanto a las edificaciones religiosas se contabilizan 40 iglesias y capillas, 16 conventos y monasterios como el convento del Carmen Bajo (Fig.2), además existen construcciones civiles como palacios y edificaciones que poseen un estilo que se puede admirar, desde el barroco al gótico más clásico (Universidad de Las Américas, 2016).

Figura 1

Imagen de la calle La Ronda - Quito



Figura 2

Imagen convento Carmen Bajo, vista fachada Principal



La ciudad de Quito fue declarada Patrimonio Cultural de la Humanidad por la UNESCO en 1978. El Centro Histórico, el más grande de América, posee una inigualable riqueza arquitectónica colonial. En cada una de sus piedras se encuentra escrita la historia de la ciudad.

El inicio de la actividad de restauración en la ciudad de Quito data de 1988, debido a varios movimientos telúricos que produjeron daños estructurales en los grandes monumentos religiosos. Los daños estructurales fueron causados, principalmente, por el terremoto de marzo de 1987. Este desastre natural de grandes proporciones se originó por una sucesión de sismos, cuyos epicentros estuvieron ubicados en las inmediaciones del volcán Reventador. (Cajas, 2016)

Los sismos dañaron gravemente el patrimonio histórico y, en menor gravedad, afectaron a edificaciones construidas con materiales contemporáneos. Las afectaciones fueron de diferente índole, en la mayoría de casos se produjo el fisuramiento de mampuestos y rotura de los mismos, también se evidenció el desprendimiento de aleros y recubrimientos.

Se puede determinar en estas construcciones coloniales que en ciertos aspectos de su composición los materiales están fatigados y estructuralmente presentan el riesgo de que en el futuro puedan colapsar. Para mantener la seguridad de los habitantes y la arquitectura intacta, estas edificaciones deben ser sometidas a un reforzamiento estructural sin alterar su composición, es decir, se deberá utilizar materiales y técnicas constructivas tradicionales para salvaguardar el patrimonio.

Esta investigación pretende explicar el uso correcto de materiales y técnicas constructivas tradicionales que se deben utilizar para la correcta recuperación del patrimonio, de esta manera se dará paso a la recuperación del saber de los beneficios y particularidades de los materiales tradicionales (cal, barro, piedra, madera, paja de monte y mucilago de nopal). Con ello se mostrará la eficacia de estos elementos para ser utilizados en los reforzamientos estructurales que se deben aplicar en el campo de la restauración del patrimonio edificado.

Pacají Ruiz et al. (2015) manifestaron que el patrimonio cultural inmaterial se caracteriza por conservar su integridad y autenticidad de las expresiones culturales y costumbres.

Por ello es importante conservar y rescatar los saberes sobre las técnicas constructivas tradicionales. En este caso, para los reforzamientos estructurales es necesario utilizar las expresiones, conocimientos y técnicas vinculadas con las edificaciones ancestrales, esto como parte del uso y capacitación de mano de obra especializada. Es decir, de esta forma se impulsa el rescate de la memoria social, el oficio y los conocimientos de los sistemas y materiales constructivos ancestrales.

Metodología

Esta investigación tiene como soporte las experiencias propias de los trabajos de campo que se han realizado en diferentes intervenciones de restauración arquitectónica. Se pretende difundir los diferentes tipos de afectaciones e intervenciones de reforzamiento en las edificaciones de adobe, lo que servirá como base para posteriores análisis y clasificación.

De estas intervenciones se registran imágenes de los tipos de daños que se han producido en las diferentes clases de mampuestos, y se han establecido los grados de degradación. Estos se pueden determinar por fatiga de sus elementos, por procesos de fallo estructural y por fenómenos de carácter sismológicos. Por otra parte, esto a su vez indica el tipo de intervención que se debe aplicar en las partes afectadas.

Diseño de la investigación

La metodología utilizada es de tipo investigativo, con esta se pretende establecer métodos de reforzamiento estructurales para estructuras de carácter colonial. En estos reforzamientos se caracteriza el uso de materiales tradicionales que son compatibles con los componentes originales de las estructuras que se intervienen, es decir, se rescata el uso de técnicas y materiales tradicionales tales como adobe, ladrillo, piedra y madera y, como elementos de junta para morteros e inyección de reforzamiento, la cal, barro y mucilago² de nopal.

² Sustancia orgánica de textura viscosa, semejante a la goma que se extrae del nopal.

En el Centro Histórico se puede evidenciar edificaciones que aún mantienen las técnicas vernáculas de construcción que caracterizan a las construcciones coloniales. Por su temporalidad y por la clase de materiales utilizados, estas sufrieron daños estructurales producidos, en ciertos casos, por la fatiga de sus componentes, el tiempo y por los movimientos sísmicos soportados por las estructuras, situación que incita a que estas sean recuperadas, gracias a su compatibilidad, con el uso de materiales tradicionales.

Tipos de afectaciones

Con el propósito de verificar y clasificar las afectaciones que han deteriorado principalmente las estructuras de adobe, que podrían llegar a un estado de colapso, se mencionan: grietas de corte longitudinal que afectan generalmente a las cabezas de muro (Fig. 3), grieta producida por flexión que pueden afectar a los arcos de un muro (Fig.4), grietas horizontales, grietas verticales, grietas diagonales, grietas entre muros, desplome de muros y fatiga de las cabezas de muros (Achig et al., 2013).

Por otro lado, entre los principales tipos de afectaciones que generalmente han sufrido las edificaciones patrimoniales del Centro Histórico de la ciudad de Quito, se pueden establecer varios tipos de degradación de los mampuestos, que han sido producidos por diferentes agentes que los desencadenan, como: agentes atmosféricos, deterioro del adobe por fatiga de los materiales (Fig.5) y por los movimientos sísmicos sufridos, los mismos que contribuyeron en los procesos de fallas estructurales que producen fisuramientos en los mampuestos (Fig.6) de los monumentos patrimoniales.

Figura 3

*Imagen de fisura longitudinal en la cabeza
Capilla de la Tercera Orden
Franciscana*



Figura 4

*Imagen de fisura afectación en arcos de muro
(riñón) iglesia del Hospital Psiquiátrico
Corazón de Jesús*



Figura 5

Imagen de la fatiga de la cabeza del Casa de las Velas



Figura 6

Imagen de fisura vertical de muro Casa de las velas



En consecuencia, estas afectaciones nos indican el tipo de intervención que se debe realizar para un correcto reforzamiento de la estructura, con el fin de garantizar su permanencia en el tiempo a través de la restauración y recuperación de los edificios monumentales afectados y que están en un proceso de degradación y destrucción.

Descripción de la estructura y propiedades de los materiales

En la recuperación y rehabilitación arquitectónica, una de las principales actividades es el reforzamiento estructural de las edificaciones patrimoniales. En este caso, en las edificaciones intervenidas los mampuestos están conformados primordialmente de adobe. Son mampuestos con un ancho promedio de 70 cm y una altura aproximada de 3 a 4 m de altura. Estas edificaciones tienen un sistema entrepisos y cubiertas principalmente constituidas de madera.

Los materiales con los que están compuestos los mampuestos, principalmente las edificaciones patrimoniales, se conforman de adobe y, en ciertas partes de los muros, se combinan con ladrillo o piedra. Así también, cabe mencionar que las cubiertas y entrepisos son de madera de eucalipto como se puede evidenciar (Figura 7).

En su mayoría, los muros se asientan sobre cimentaciones de piedra; que es el elemento que está en contacto con el suelo. Esta cimentación es la que se encarga de transmitir las fuerzas mecánicas resultantes directamente al suelo.

Figura 7

Imagen del muro de adobe Capilla de la Tercera Orden Franciscana



Degradación que presentan los muros

Entre los principales factores que pueden generar deterioros en una estructura en tierra constan:

- Ataque directo de los fenómenos atmosféricos, como por ejemplo la humedad que absorbe el muro por capilaridad³ hacia el interior del mismo y va degradando gradualmente.
- La acción erosiva causada por el viento y la lluvia que generan daños en los paramentos⁴ de la edificación.
- Daños de carácter estructural causados por su propio peso, modificación en los originales, factores que provocan fisuramientos que pueden provocar el colapso mismo de la estructura.

Es decir, de estos parámetros nace la importancia de utilizar sistemas de reforzamiento estructural que protejan y refuercen los muros de adobe, para que las fábricas se puedan conservar y mantenerse indefinidamente en el tiempo.

En este caso es indispensable el uso de técnicas constructivas como el cocido y descosido del muro en la parte afectada con materiales tradicionales como adobe y ladrillo y reforzando con inyecciones en base a cal, arena, tierra y mucilago⁵. Esta técnica de reparación estructural es adaptable a otras edificaciones de iguales características y diferentes zonas geográficas.

Selección de los materiales tradicionales para ser utilizados en los reforzamientos

Para realizar un buen reforzamiento estructural y alcanzar una buena restauración de la edificación es indispensable utilizar materiales tradicionales que sean compatibles con los elementos que conforman la edificación, esto exige el conocimiento de métodos y técnicas de aplicación que aseguren una buena intervención, es decir, requiere el análisis de ensayos analíticos físico-químicos del material, también es indispensable realizar una investigación de los componentes tradicionales que fueron empleados para su construcción.

Como expresa Ontiveros (2006) lo ideal es realizar los estudios previos para identificar los materiales originales que se pretendan utilizar.

Sin embargo, para realizar esta investigación se han tomado en cuenta los saberes tradicionales que se transfieren las ideas de forma oral, estos han sido adquiridos de forma tanto académica y oral, como por las experiencias en intervenciones que se han realizado. De aquí, el punto de partida para realizar una buena intervención implica que el maestro mayor, en conjunto con el profesional especializado en restauración, transmitan sus conocimientos a las nuevas generaciones; también hay que considerar que el maestro de obra no conserva escritos con los cuales pueda realizar su difusión.

Reforzamientos estructurales en mamposterías

Peña y Lourenco (2012) indican que en las intervenciones estructurales, los profesionales especializados, sean estos arquitectos o ingenieros, han manejado una variedad de técnicas de reparación o soporte para optimizar la solución estructural de las edificaciones históricas. Varias de las técnicas de ejecución han sido específicamente efectuadas para ayudar y mejorar la capacidad portante de las estructuras antiguas para resistir un nuevo acontecimiento inclemente de la naturaleza. Estas técnicas que se utilizan sobre las estructuras originales no deben afectar la integridad y la autenticidad

³ Acción o movimiento que puede realizar un líquido para ser absorbido por medio de materiales porosos.

⁴ Elemento vertical que en arquitectura conforma el muro.

⁵ Sustancia orgánica de textura viscosa, semejante a la goma que se extrae del nopal.

de los materiales originales y las características estructurales, razón por la cual se deben utilizar materiales compatibles con los materiales originales de la edificación.

La intervención estructural de edificios históricos es y debe ser multidisciplinaria, por lo que son indispensables disciplinas aparentemente independientes como: Arqueología, Arquitectura, Historia, Ingeniería, restauradores de Arte, etc. Sin embargo, la falta de integración provoca que, en varios casos, un proyecto estructural no se adapte a los lineamientos básicos de la conservación de edificios patrimoniales.

Métodos de reforzamiento estructural

Los procesos de restauración y rehabilitación son el conjunto de métodos y técnicas de intervención que se aplican para la rehabilitación de las estructuras afectadas, estas sirven para recuperar su eficacia, disminuida a causa de algún fenómeno físico natural (Garabito et al., 2015).

Para alcanzar una buena intervención es indispensable utilizar diferentes métodos de reforzamiento, según cada tipo de estructura y material del cual están compuestos los mampuestos.

Así, se puede indicar que los métodos utilizados en los distintos reforzamientos son:

- Descosido y cosido de las mamposterías.
- Anclaje de madera con barras de acero.
- Inyecciones de lechada⁶ de cal, aditivo y arena.

Estas técnicas de reforzamiento han permitido corregir las afectaciones de los elementos estructurales, para este efecto se consideró la compatibilidad de los materiales originales de la edificación, estos no dañarán los originales y se mantendrán en el tiempo garantizando la seguridad y durabilidad.

Metodología de reforzamientos estructurales en muros

Con respecto a los trabajos de reforzamiento estructural, estos se realizaron en diferentes mamposterías de las edificaciones que se intervinieron. Los mampuestos están contruidos de diversos materiales, como: piedra, ladrillo o adobe; los daños que se presentaron en estos muros fueron principalmente fisuramientos, estos se exteriorizaron de forma vertical y afectaron a los muros, incluso hasta cortarlos totalmente en el espesor del paramento, afectándolos estructuralmente. Igualmente, entre otros casos, las fisuras causaron daño en arcos de naves laterales, además, los muros fueron afectados en su composición, lo que provocó deterioro en su interior, factor que llevó a ejecutar un reforzamiento por medio de inyección de lechada de morteros que permitiera recuperar estructuralmente los muros por fatiga de sus componentes, como por ejemplo del adobe. De esta forma se restablece su estabilidad mecánica, lo que evita que su daño continúe deteriorando la estructura de los muros portantes.

Dentro de los trabajos de *reforzamiento estructural de los muros*, se explica la intervención sobre mampuestos que se vieron afectados estructuralmente, estos trabajan a manera de muros portantes. Para la investigación se toma como ejemplo la edificación patrimonial del Monasterio del Carmen Bajo.

⁶ Técnica de albañilería para mezclar varios materiales sólidos con líquido, con lo que se obtiene un fluido semilíquido para inyectar en los muros.

En primer lugar, se explicará sobre un muro afectado en planta baja que presenta una fisura vertical que lo corta en todo su espesor de 1.10 m, con una altura aproximada de 3.00 m.

Para realizar el reforzamiento estructural sobre las mamposterías fisuradas se siguió un procedimiento metodológico que respeta los cánones establecidos por los procesos de restauración:

- Primero se localizaron los sectores donde había la presencia de fisuras.
- Luego se procedió a realizar calas⁷ de prospección sobre la pintura existente (Figura 8).
- Verificación de la existencia o no de pintura mural sobre los enlucidos de barro (Figura 9).

Figura 8

Imagen de calas que se realizan sobre la pintura, no se ve la presencia de pintura mural



Figura 9

Imagen de retiro del enlucido de barro detectando el tipo de fisura que afecta al mampuesto



Una vez verificada la inexistencia de pintura mural, se realizaron calas sobre los enlucidos para comprobar el tipo de fisura que se presenta en el mampuesto. De esta forma, se obtuvo un primer diagnóstico sobre el tipo de afectación que perjudica a la estructura. Con ello se puede verificar el tipo de material con el cual está conformado el mampuesto, lo que permitió definir el tipo de reforzamiento que se debe aplicar en la estructura (Figura 10).

Comprobado el tipo de fisura presente en la mampostería en el lado exterior y el ancho de la abertura, se confirma que esta grieta corta el muro en todo su ancho. Esto determina el tipo de reforzamiento que se debe realizar en esa grieta. Luego, se efectúa la medición de la profundidad de la fisura, Por otro lado, es importante verificar la longitud de la grieta, para este fin se procede a retirar el enlucido⁸, siguiendo la dirección de la misma (Figura 11).

⁷ Técnica de retiro de capas de pintura existente sobre un muro

⁸ Capa de revestimiento que se coloca sobre las paredes para obtener una superficie lisa

Figura 10

Imagen de calas que se realizan sobre la pintura, no se ve la presencia de pintura mural



Figura 11

Imagen de retiro del enlucido de barro detectando el tipo de fisura que afecta al mampuesto



Cabe indicar que este proceso de verificación de la presencia de fisuras por medio del método de las calas sobre los muros se debe repetir en todos los mampuestos que van a ser sometidos a un proceso de reforzamiento.

Por otro lado, una vez comprobado que la fisura atraviesa el muro, se procede a repetir el proceso en la otra cara del mismo. Luego se determina el tipo de material con el cual está construido el mampuesto. En este caso hay presencia de adobe y piedra con juntas de mortero en barro.

En esta fisura, que corta todo el ancho del muro, para realizar su consolidación y reforzamiento, debido a su complejidad, se utilizaron diferentes métodos de intervención. Los métodos utilizados fueron:

- Descosido y cosido de las mamposterías.
- Anclaje de madera o barras de acero.
- Inyecciones de lechada de cal, aditivo y arena.

Para el tratamiento de esta fisura de 2.00cm promedio de abertura y una altura de 3.00m aproximadamente que además a toda la sección del muro y verificado los materiales que conforman el mampuesto (piedra, adobe y ladrillo), se estableció que debe ser intervenido, primero con el método del descosido y cosido en el sector de la fisura, ya que sus elementos se encuentran cortados y pueden afectar la capacidad de los elementos para trabajar estructuralmente, pero esto no compromete a la estructura para que dejen de realizarlo por completo. La mampostería debe ser intervenida por los dos lados el exterior y el interior.

Procedimiento de reforzamiento de la mampostería

Descosido y cosido del muro: se procedió a retirar los adobes que sufrieron la rotura para que estos sean remplazados por un nuevo elemento, en este caso por ladrillo mambrón, que es un material compatible con el adobe y el mortero de junta de cal y arena. Es indispensable que este proceso se inicie desde la parte inferior del muro, por tramos de 4 o 5 hiladas por día, esto para evitar que el mampuesto se llegue a asentar y se produzcan nuevas fisuras. Los nuevos ladrillos se colocan uno en sentido horizontal y el siguiente en de forma transversal, con la finalidad de que los nuevos elementos tengan un mejor anclaje al muro original (Figura 12).

Este procedimiento se repite en todo el largo de la fisura, un tramo por día, con la finalidad que la nueva intervención se consolide y no se produzca un asentamiento y

nuevas fisuraciones, los morteros utilizados se prepararon con materiales tradicionales de iguales características que los morteros originales de junta (barro, cal y mucilago⁹), este proceso se repite hasta intervenir en toda la fisura, este procedimiento de intervención se realiza en el lado interno y externo del muro (Fig.13).

Figura 12
Imagen de cosido y descosido de fisura lado exterior



Figura 13
Imagen del proceso de cosido de fisura



Un dato importante que se debe conocer es la resistencia a la compresión del adobe original del mampuesto que se está interviniendo, el ensayo se realizó en el laboratorio de materiales PUCE¹⁰ (Tabla 1), con la finalidad de establecer la nueva resistencia del mampuesto después de haber realizado el proceso de inyectar los morteros hidráulicos en el mampuesto intervenido.

Tabla 1

Tabla de resultados de ensayos de resistencia a la compresión del adobe original

| Resultados de Ensayos de Compresión | | |
|--|-------------|-------------|
| Adobe original | | |
| Resistencia (Mpa) | | |
| Muestra N 1 | Muestra N 2 | Muestra N 3 |
| 0.70 | 0.70 | 0.70 |
| Resistencia promedio (Mpa) | | |
| 0.70 | | |

*Factor de conversión: 1 Mpa = 10.2 kg/cm²

Nota. Laboratorio de materiales PUCE, 2021

⁹ Sustancia orgánica de textura viscosa, semejante a la goma que se extrae del nopal.

¹⁰ Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Además, se debe indicar que, durante el proceso del descosido y cosido, a cada 20 o 30cm de separación se colocaron mangueras plásticas de ½ pulgada, las mismas que fueron conectadas a fisuras internas del muro (conocidas como riñón). Esto para consolidar totalmente la estructura con inyecciones de lechadas en el agrietamiento interno. La disposición de las mangueras debe ser colocada en toda el área intervenida, para luego inyectar morteros a base de cal.

Según Lanas y Alvarez (2006) el mortero de cal tiene menor cantidad de sales solubles, lo que permite que no se produzcan daños en el sistema portante de las edificaciones; además, las mezclas de cal tienen mayor compatibilidad con los materiales tradicionales, que son parte de la edificación y se relacionan con lo químico, lo estructural y lo mecánico. Además, estas argamasas, en el caso de la presencia de nuevas fisuras, tienen la capacidad de auto repararse mediante un proceso de autosellado, por la humedad que conserva debido a los cambios de temperatura y humedad ambiental existentes que son absorbidos por los mampuestos.

Figura 14

Imagen del proceso de descosido y cosido de la mampostería afectada



Peñaranda (2011) plantea que para una buena rehabilitación frente a la aparición de fisuras que afecten a los muros de una edificación patrimonial, se deben utilizar “*llaves de madera*”. Estas son indispensables para disminuir el riesgo sísmico al que está sometido el mampuesto afectado de la construcción. Con la aplicación de este sistema se procura evitar el colapso de la edificación frente a nuevos fenómenos de la naturaleza inclemente (terremotos o movimientos sísmicos).

Esta técnica de reforzamiento se fundamenta en la instalación de tablas o listones de madera dispuestas de forma horizontal y vertical, en la cara exterior e interior de los muros, aseguradas entre ellas por medio de un tensor, con el fin de incrementar la resistencia de los mampuestos y mantener la consistencia y unidad de la estructura.

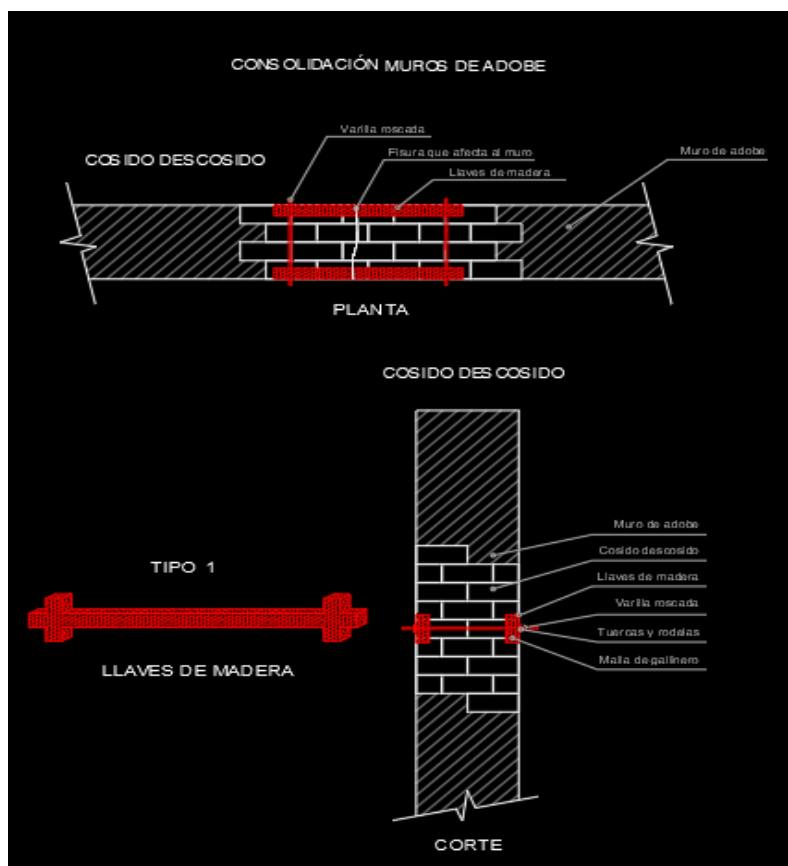
Con estas consideraciones y el tipo de fisura que se intervino, se procedió a la colocación de las *llaves de madera*. Estos elementos tienen la función de afianzar al muro para evitar que la fisura se vuelva a activar. Las llaves de madera fueron colocadas en los tercios tanto inferior como superior de la fisura. Estos elementos fueron elaborados en madera de colorado y las medidas utilizadas en este caso fueron 7x7x120cm. En los extremos de cada llave, desplazado unos 10cm hacia el interior, se colocaron en el sentido vertical piezas de 30cm de longitud. Estas se colocan a media madera, van encoladas y en el centro del cruce se perforan para asegurar las llaves internas con las externas por

medio de un tensor regulable para poder dar la tensión que requiera este elemento para fijar el sistema.

Para la colocación de las llaves se perforo el muro para empotrar los módulos de madera. Luego, estos se fijaron con una varilla roscada a manera de tensor y se colocaron en cada uno de sus extremos tuercas de ajuste, para asegurar las llaves del lado exterior con el módulo del lado del interior del muro, de esta manera la fisura quedó abrazada mejorando su resistencia mecánica a la compresión.

Figura 15

Representación gráfica del reforzamiento estructural – colocación de llaves de madera



Estas llaves, para ser colocadas fueron curadas con *quimocide*¹¹, para evitar que sean atacadas por termitas¹², luego se procedió a pintarlas con pintura asfáltica para proteger estos nuevos maderos de la humedad que absorben los muros y lo eliminan por condensación.

El anclaje de estas llaves se realizó con varilla de acero de 12mm. Estas barras de acero están colocadas a lo largo de todo el espesor del muro y se las ancló en cada uno de los extremos de los listones con arandelas plana y de presión aseguradas con tuerca a cada lado (Fig.16 y 17).

Además, estos nuevos elementos de madera, que van empotrados en el muro, también fueron protegidos con malla de tumbado¹³ para que se adhiera el **nuevo enlucido**

¹¹ Químico para curado de madera contra los xilófagos.

¹² Las *termitas* se alimentan de madera y llegan a causar daño significativo a las estructuras de madera.

¹³ Malla de acero que se expande y se utiliza en la construcción para revestir estructuras y otros elementos

elaborado con materiales tradicionales: barro / cal / mucilago¹⁴ / paja. Este mortero se colocó en toda el área intervenida del reforzamiento estructural del muro afectado.

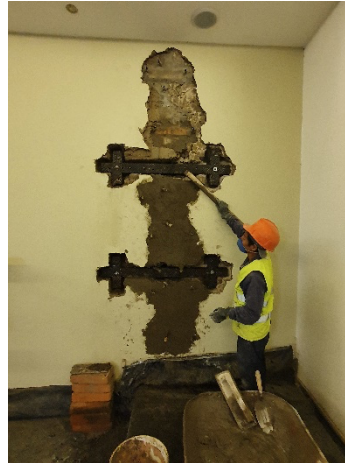
Figura 16

Imagen de perforación del muro para anclaje de las llaves de madera



Figura 17

Imagen de llave de madera protegida con pintura asfáltica y envuelta con malla de tumbado. Anclaje con varilla de acero



Una vez concluido el cosido y descosido, se colocaron las llaves de madera. A continuación, se trabajó los enlucidos para sellar la mampostería y luego realizar la consolidación del muro con el proceso de inyección de morteros.

Arriola (2009) manifiesta que el mortero es un elemento constructivo de la edificación y es aproximadamente un 15% del volumen total de un mampuesto. Es una parte básica que ayuda a absorber la resistencia a compresión; ya que son diseñados para resistir este tipo de esfuerzos. Los *morteros* en los muros ayudan a soportar la flexo-compresión y de corte, causados por las fuerzas de viento o sismos (frecuentes en nuestro medio). Cuando esto sufre la mampostería, el mortero juega un papel significativo, ya que el mortero de enlucido se encarga de trabajar como un elemento estructural compacto, razón por la cual se debe prestar mucho cuidado en la elaboración del mismo. En el caso de la restauración es muy importante trabajar con materiales tradicionales compatibles con los originales que conforman la edificación, de esta manera se evitan futuros daños con la degradación de los mampuestos originales.

Para edificaciones de carácter monumental, en esta intervención se utilizó el *enlucido de materiales tradicionales*; sus componentes fueron: cal apagada, barro, paja, mucilago¹⁵ y agua (Barbero, 2011). El espesor del enlucido varía entre 1 a 3 cm. Para ser aplicado este mortero, se requiere primero que la superficie sea humedecida con mucilago (también se puede humedecer con hidróxido de calcio) (Fig.18), esto con la finalidad de que este proceso ayude a una mejor adherencia del nuevo mortero e incluso se lleguen a sellar las posibles micro fisuras que se produzcan por el proceso de secado de la mampostería intervenida (Figura 19).

¹⁴ Sustancia orgánica de textura viscosa, semejante a la goma que se extrae del nopal.

¹⁵ Sustancia orgánica de textura viscosa, semejante a la goma que se extrae del nopal.

Figura 18
Imagen de mampostería humedecida con mucilago para recibir el mortero



Figura 19
Imagen de enlucido de mampostería



Vargas-Neumann et al. (2010) indicaron que el procedimiento de aplicación de inyecciones radica en insertar en el riñón (interior del muro) del mampuesto afectado un mortero fluido con iguales características que la de los materiales originales que conforman la mampostería. Es decir, con las mismas características químicas, físicas y mecánicas, con el propósito de consolidar los muros afectados para reestablecer las características mecánicas originales. Las inyecciones en los muros permiten la consolidación del mismo e incrementan su resistencia a la compresión para mejorar su estabilidad y mejorar su capacidad mecánica de trabajo del mampuesto intervenido. Se establece el uso de las inyecciones para conseguir la cohesión de los muros y conseguir que estos regresen a trabajar de forma conjunta

Como siguiente paso, una vez concluido los enlucidos, se continua con el proceso de inyección en las mamposterías intervenidas, para consolidar interiormente los muros por medio de las *inyecciones de mortero* hidráulico de cal. Esto debido a que las mamposterías son de adobe y ladrillo. Este mortero para las inyecciones se preparó con los siguientes materiales y proporciones: cal hidratada 3, puzolana roja o café 1, arena de río lavada 2, agua 3, aditivo estabilizador 2% del peso de la puzolana (Instituto Metropolitano de Patrimonio [IMP], especificaciones técnicas para ejecución de obras, 2021).

Así, todos estos materiales se colocaron en una tina grande, primero la arena, luego se mezcló con cal hidratada, posteriormente se agregó la puzolana con el aditivo estabilizador y se mezclaron en seco, finalmente se añadió el agua para realizar el batido total de los materiales y para obtener una mezcla homogénea, el batido se realizó de forma mecánica, luego, una vez que el mortero tuvo la fluidez óptima, se lo somete a un tamizado utilizando una malla fina con la finalidad de retirar los áridos gruesos. Esta mezcla ya filtrada se la colocó en otro recipiente donde se depositó el mortero a ser utilizado para inyectar en los muros.

Luego de separado los agregados gruesos, el mortero se deposita en el tanque tipo cilindro (equipo de inyectado), donde se conectarán las mangueras para inyectar el mortero por medio de la presión de un compresor. Este sistema trabaja con el aire que ingresa al recipiente donde se encuentra el mortero a inyectarse y, por medio de una

manguera, llega a la pistola de inyección que se coloca en las mangueras que se instalaron en la mampostería.

El proceso de llenado se inicia con las mangueras inferiores y conforme se van llenando se continúa hacia las mangueras superiores, una vez llenas, se las tapa provisionalmente con papel para evitar que el fluido de la inyección salga, al día siguiente se repite el proceso de inyectado para que con este nuevo llenado se complete algún vacío que se pudo haber producido por asentamiento del fluido (Figura 20).

Figura 20

Imagen de proceso de inyectado de mortero con la utilización de pistola de inyectado



Cabe indicar que estos morteros de inyección utilizados para el reforzamiento estructural se sometieron a pruebas mecánicas de laboratorio de la PUCE¹⁶, con la finalidad de medir la resistencia a la compresión. Los valores que se obtienen permiten valorar las cualidades mecánicas del mortero ensayado.

En la siguiente tabla se puede verificar los resultados de Resistencia a la Compresión de los morteros que se inyectaron en el muro, aquí se evidencia que al paso de los días su resistencia va en incremento y se logra la adherencia del material nuevo con el antiguo, esto por su compatibilidad; así, según el resultado se tiene la resistencia en Mega Pascales (MPA¹⁷) donde 1 Mpa= 10.2 kg/cm² que es el factor de conversión para tener la resistencia del mortero en el interior del muro, como por ejemplo:

- Resistencia a los 28 días: $1.30 \times 10.20 \text{ kg/cm}^2 = 13.26 \text{ kg/cm}^2$

¹⁶ Pontificia Universidad Católica del Ecuador

¹⁷ Mega Pascal factor de conversión

Tabla 2

Tabla de resultados de ensayo de los morteros Resistencia a la Compresión

| Resultados de Ensayos de Compresión de los nuevos morteros | | | | | |
|---|----------------------------|-------------|----------------------------|-------------|----------------------------|
| Muestra N 1 | | Muestra N 2 | | Muestra N 3 | |
| Edad (días) | Resistencia Promedio (Mpa) | Edad (días) | Resistencia Promedio (Mpa) | Edad (días) | Resistencia Promedio (Mpa) |
| 14 | 0.34 | 14 | 0.96 | 14 | 1.29 |
| 21 | 0.34 | 21 | 1.02 | 21 | 1.32 |
| 28 | 0.39 | 56 | 1.08 | 56 | 1.22 |

| Resistencia a la compresión promedio (Mpa) | | |
|---|-------------|-------------|
| Edad (Días) | Edad (Días) | Edad (Días) |
| 14 | 21 | 28 |
| 0.36 | 1.00 | 1.30 |

*Factor de conversión: 1 Mpa = 10.2 kg/cm²

Nota. Laboratorio de materiales PUCE¹⁸, 2021

Para finalizar el proceso de reforzamiento de la mampostería intervenida, se corta el sobrante de las mangueras utilizadas para las inyecciones, esto con el propósito de realizar el pastado de la mampostería, para lo cual se utilizó cal apagada. Para que la pared no quede totalmente lisa la cal apagada se aplica con una paleta de esponja, de esta forma el acabado queda ligeramente irregular y su apariencia es similar al original, esto tiene como finalidad no alterar las características originales de los enlucidos antiguos. Una vez que el estuco se seca totalmente, se prepara la mampostería lijando y sellándola con agua resina. El acabado final se realizó con pintura tradicional de color blanco, esta se preparó con: mucilago¹⁹1/2u + cal 1u + sal en grano 1/10u+ leche1/2u, por ser una restauración se optó el uso de una pintura en base a cal, la sal y la leche se incluye porque que proporcionan consistencia y resistencia al producto final una vez aplicado sobre el mampuesto. (Abrajan, 2008)

Resultados y discusión

La aplicación del procedimiento que se debe seguirse para realizar un reforzamiento estructural de un mampuesto fisurado en una edificación patrimonial, debe sustentarse con pruebas de resistencia mecánicas a la Compresión realizadas en laboratorio, esto con la finalidad establecer técnicamente su mejoramiento y la estabilidad de la estructura. Con la aplicación y seguimiento del método establecido se evita daños a otros elementos que pueden ser parte de la mampostería, así se indica que al realizar calas como primera actividad sobre el muro afectado se evita daños a una posible pintura mural existente sobre el enlucido. Verificado el estado del enlucido se

¹⁸ PUCE – Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

¹⁹ Sustancia orgánica de textura viscosa, semejante a la goma que se extrae del nopal.

comprueba el estado de la fisura, esto indica el tipo de procedimiento a utilizar en el reforzamiento, donde se establece el uso de materiales y técnicas tradicionales, con lo que se rescatan los saberes ancestrales. Según pruebas realizadas a los morteros de inyección, se demostró que se mejoraron las características mecánicas de los muros afectados. Según la metodología planteada en la intervención, se obtuvieron resultados de resistencia y mejoramiento de los muros, estos resultados se obtuvieron en diferentes edades: 14, 21 y 28 días. Según los tiempos establecidos de ensayo del mortero se pudo establecer que la dosificación presenta un comportamiento ascendente, aumentando el muro su resistencia en relación a la edad del ensayo.

En resumen, la metodología utilizada: verificación de las fisuras, calas de prospección, descosido y cosido del muro, colocación de llaves de madera, inyección de morteros de cal, enlucido y pintura, permitió que se realice un correcto reforzamiento estructural para mejorar la estabilidad del muro, que tiene un sistema mixto de construcción de adobe y piedra. Para su cosido se utilizaron ladrillo mampuesto de características artesanales, morteros de cal, barro y mucilago²⁰, debido a su compatibilidad con los materiales originales. Por otro lado, el uso de las técnicas y materiales tradicionales permite la continuidad y mejoramiento de sus características mecánicas, con lo que se mejoran las características físicas de la estructura intervenida. Así, la dosificación del mortero de inyección en proporciones de unidad fue: cal hidratada 3, puzolana roja o café 1, arena de río lavada 2, agua 3, aditivo estabilizador 2% del peso de la puzolana, que incrementa la estabilidad del muro reforzado. (Silva & Uría, 2024)

Conclusiones

Una vez concluido el reforzamiento estructural con base en una metodología de ejecución, se puede concluir con ello que es factible determinar el tipo de intervención necesario para no afectar a la edificación patrimonial. Así también, una metodología adecuada permite que se definan los materiales que deben ser utilizados. En efecto, este método permitió utilizar materiales similares y compatibles con los componentes originales del muro, lo que se tradujo en una correcta intervención.

Por otro lado, la metodología sirvió para determinar la calidad de los adobes del muro fisurado. Esto se realizó con pruebas mecánicas a la compresión. Mediante estas pruebas, que fueron efectuadas en laboratorio, se estableció que los elementos ya no tienen una buena calidad. Debido a su antigüedad, presentaron una fatiga en su composición, con resultados bajos en las pruebas de laboratorio.

El tipo de intervención, la calidad de los materiales y la naturaleza de la fisura, que afectó al muro, indicaron que este mampuesto debe ser consolidado. En este caso se utilizó un mortero hidráulico de cal con la finalidad de regresar la capacidad de resistencia a la compresión del muro. Los resultados de rotura en el laboratorio realizados a los 14, 21 y 28 días mostraron que el aumento progresivo de resistencia va mejorando la calidad del mampuesto.

Con esta intervención basada en la elaboración de una metodología de ejecución se pretende instaurar pautas de uso de técnicas y materiales tradicionales en un reforzamiento estructural de los mampuestos. Estas técnicas son aplicadas en los procedimientos de restauración patrimonial para evitar el uso de materiales contemporáneos que alteran y dañan las edificaciones patrimoniales. Por otro lado, esta

²⁰ Sustancia orgánica de textura viscosa, semejante a la goma que se extrae del nopal.

metodología puede establecer una base general para la utilización de materiales y técnicas tradicionales para realizar una correcta restauración y recuperación del patrimonio arquitectónico.

Referencias

- Abrajan, M. (2008). *Efecto del método de extracción en las características químicas y físicas del mucílago del nopal (opuntia ficus-indica) y estudio de su aplicación como recubrimiento comestible*. [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia].
- Achig, M., Zúñiga, M., Van-Balen, K., & Abad, L. (2013). Sistema de registro de daños para determinar el estado constructivo en muros de adobe. *Maskana, Revista Científica*, 4(2), 71-84. <https://doi.org/10.18537/mskn.04.02.06>
- Arriola, J. (2009). *Diseño de morteros con cementos hidráulicos para la construcción de muros con elementos de mampostería* [Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala].
- Barbero, M. (2011). *Mejora del comportamiento térmico de los morteros de cal aditivados y su empleo en la rehabilitación de inmuebles* [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid].
- Cajas, V. (2016). *Análisis de las intervenciones patrimoniales en Quito (Ecuador). Los casos de las iglesias de San Francisco y de la Compañía de Jesús*. [Tesis de Maestría, Universitat Politècnica de Catalunya. Departament de Construccions Arquitectòniques II].
- Garabito, J., Rodríguez, A., Junco, C., & Garabito, J. (2015). Intervenciones en cubiertas históricas de madera: ¿Restaurar o reconstruir? *Anales de Edificación*, 1(3), 16-22. <https://doi.org/10.20868/ade.2015.3035>
- Instituto Metropolitano de Patrimonio. (2021). *Presupuesto, rubros y especificaciones 2021* [Documento técnico no publicado].
- Lanas, J., & Álvarez, J. (2006). Preparación y ensayos de morteros de cal de nueva factura para su empleo en restauración del patrimonio. *Departamento de Química y Edafología, Facultad de Ciencias, Universidad de Navarra*. <https://digital.cic.gba.gob.ar/items/94340d9a-f6df-43f3-87bc-fb65aaaed5fb>
- Ontiveros, E. (2006). *Programa de normalización de estudios previos aplicado a bienes inmuebles (PH cuadernos 19)*. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico.
- Pacají Ruiz, G., Tapia Chocho, W., & Bustamante, I. (2015). Recuperación de técnicas constructivas tradicionales de la Parroquia Chuquiribamba, Ecuador. In *15° Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra* (pp. 704-713). SIACOT - Ecuador.
- Peña, F., & Lourenço, P. (2012). Criterios para el refuerzo antisísmico de estructuras históricas. *Revista de Ingeniería Sísmica*, 47, 47-66. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61825179003>
- Peñaranda, L. (2011). *Manual para la conservación del patrimonio arquitectónico habitacional de Sucre*. U.M.M. Patrimonio Histórico – PRAHS.
- Universidad de Las Américas. (2016). *Quito, patrimonio de la humanidad*. <https://www.udla.edu.ec/2016/09/08/quito-patrimonio-de-la-humanidad/>
- Silva, A., & Uría, G. (2024). *Recuperación de morteros de la época colonial para su aplicación en la restauración*. Editorial El Conejo.
- Vargas-Neumann, J., et al. (2010). Uso de grouts de barro líquido para reparar fisuras estructurales en muros históricos de adobe. En *La arquitectura construida en tierra, Tradición e Innovación. Congresos de Arquitectura de Tierra en Cuenca de Campos 2004/2009* (pp. 281-288). Cátedra Juan de Villanueva, Universidad de Valladolid. http://www5.uva.es/grupotierra/publicaciones/digital/libro2010/2010_9788469345542_p281-288_vargasneumann.pdf